

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

# **Segmentový šnekový dopravník pro dopravu uhlí k automatickému kotli**

Segmental Screw Conveyor for Coal Transport to Automatic Boiler

Student:

Bc. Kamil Kubeša

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Kamil Kubeša**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**  
Specializace: **70 Zemní, těžební a stavební stroje**  
Téma: **Segmentový šnekový dopravník pro dopravu uhlí k automatickému kotli**  
**Segmental Screw Conveyor for Coal Transport to Automatic Boiler**

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce zpracujte stručnou rešerši předmětné problematiky zásobování automatických kotlů palivem a jejich možné alternativy. Navrhněte šnekový dopravník v různých velikostech (délkách) pro zásobování takového kotle vhodným palivem. Proveďte potřebné pevnostní a další funkční výpočty z pohledu konstrukčního řešení kotle. Vypracujte kompletní technickou dokumentaci v požadovaném rozsahu. Bližší specifikace provozních podmínek a dalších parametrů určí zadavatel – BenekovTerm s.r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

KHAVKIN, Y. *Combustion system design*. Tulsa : PennWell, c1996 - xxviii, 246 s. : il. ISBN 0-87814-462-5 (váz.)  
JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.  
BROŽ, L. *Hutnictví železa*. Praha: SNTL, Praha 1988. 460 str.  
BOLEK, A. a kol. *Části strojů*. Praha: SNTL Praha, 1990.  
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36s.  
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, srpen 1996. 32s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : .....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Kamil Kubeša

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Petrovická 45/358, Krnov, 79401

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

KUBEŠA, K. Segmentový šnekový dopravník pro dopravu uhlí k automatickému kotli: *diplová práce*. Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2015, 76 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Diplová práce se zabývá konstrukčním návrhem šnekovým dopravníkem pro dopravu uhlí do automatického kotle. V práci je zpracována rešerše zásobování kotlen malých výkonů. Konstrukční návrh dopravníku byl zpracován formou 3D modelů v programu INVENTOR 2014. Kompletní výkresová dokumentace zařízení je součástí diplové práce.

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

KUBEŠA, K. Segmental screw conveyor to transport coal to the boiler automatically: *master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design , 2015, 76 p. Thesis head: Doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

This thesis deals with the structural design of screw conveyor for transporting coal to the automatic boiler. The research work is handled by small power supply boiler. Construction conveyor design was elaborated form of 3D models in Inventor 2014. The complete design documentation device is part of the thesis.

### ***Poděkování***

Rád bych touto formou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. a konzultantovi z firmy BENEKOVterm s.r.o. Ing. Petru Kozákovi za čas strávený konzultacemi, podmětné připomínky a odbornou pomoc při zpracování diplomové práce. Také chci poděkovat přímo firmě BENEKOVterm, která mi dovolila zpracovávat diplomovou práci.

# Obsah

<b>Seznam použitého značení.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Zásobování kotlů malých výkonů .....</b>	<b>14</b>
2.1 Doprava uhlí.....	14
2.2 Doprava pelet .....	16
2.2.1 Doprava pelet pneumaticky .....	17
2.2.2 Doprava pelet šnekovým dopravníkem .....	18
2.3 Doprava dřevní štěpky .....	19
<b>3 Šnekové dopravníky .....</b>	<b>21</b>
3.1 Části šnekového dopravníku .....	21
3.1.1 Šnekovnice.....	22
3.1.2 Žlab .....	23
3.1.3 Pohon .....	23
3.2 Druhy šnekových dopravníků dle konstrukce.....	24
3.2.1 Žlabový šnekový dopravník.....	24
3.2.2 Trubkový šnekový dopravník .....	24
<b>4 Návrh technického řešení.....</b>	<b>26</b>
4.1 Určení dopravovaného množství.....	26
4.2 Výpočet průměru šnekovnice.....	26
4.2.1 Volba šnekovnice.....	28
4.3 Výkon motoru .....	28
4.3.1 Volba pohonu dopravníku .....	30
4.3.2 Upevnění pohonu dopravníku.....	31
4.4 Odpor materiálu proti pohybu .....	31
4.5 Výpočet ložiska.....	33
4.5.1 Volba ložiska .....	35

4.6	Kontrola pohonu na rozběh .....	36
4.7	Návrh spojky šnekové hřídele .....	38
4.7.1	Výpočet pera .....	39
4.7.2	Výpočet pružného kolíku .....	40
4.8	Kontrola šnekové hřídele .....	43
4.9	Výpočet průhybu šneku při působení vlastní tíhy .....	46
4.9.1	Analytický výpočet .....	46
4.9.2	Výpočet pomocí MKP .....	49
4.10	Technický popis .....	51
4.10.1	Popis variant dopravníku .....	55
4.11	Softwarové řízení dopravníku .....	56
4.11.1	Popis regulátoru SDP .....	57
4.11.2	Popis programu regulátoru SDP .....	58
4.11.3	Obsluha šnekového dopravníku paliva uživatelem .....	58
4.11.4	Upozornění šnekového dopravníku paliva .....	61
<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>62</b>
	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>63</b>
	<b>Internetové zdroje .....</b>	<b>63</b>
	<b>Vlastní práce .....</b>	<b>64</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>65</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>67</b>
	<b>Seznam výkresů .....</b>	<b>68</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>70</b>



## Seznam použitého značení

C	Základní dynamická únosnost ložiska	[kN]
D	Průměr šnekovnice	[m]
D	Vnitřní průměr náboje	[mm]
D <sub>t</sub>	Vnější průměr trubky	[m]
E	Modul pružnosti v tahu pro ocel	[Pa]
F	Zatěžující síla	[N]
F <sub>a</sub>	Axiální síla	[N]
F <sub>acelk</sub>	Celková axiální síla	[N]
F <sub>g</sub>	Tíhová síla šnekové hřídele	[N]
F <sub>r</sub>	Radiální síla	[N]
F <sub>r1</sub>	Reakce v bodě 1	[N]
F <sub>r2</sub>	Reakce v bodě 2	[N]
C <sub>H</sub>	Součinitel pro snížení dopravovaného množství vzhledem ke skolnu	[-]
J <sub>k</sub>	Kvadratický moment průřezu	[m <sup>4</sup> ]
J <sub>red</sub>	Redukovaný moment setrvačnosti	[kg·m <sup>-2</sup> ]
K	Celkový odpor proti pohybu materiálu	[N]
K <sub>1</sub>	Odpor tření materiálu po šneku	[N]
K <sub>2</sub>	Odpor trhání materiálu ve výpusti	[N]
L	Délka jednoho kusu šnekovnice	[m]
L <sub>10h</sub>	Životnost ložiska	[hod]
M <sub>DM</sub>	Dynamický moment	[N·m]
M <sub>k</sub>	Točivý moment	[N·m]

$M_o$	Ohybový moment	$[N \cdot m]$
$M_{o(X)}$	Průběh ohybového momentu	$[N \cdot m]$
$M_{omax}$	Maximální ohybový moment	$[N \cdot m]$
$M_{sm}$	Statický moment na hřídeli motoru	$[N \cdot m]$
$M_z$	Moment záběrový motoru	$[N \cdot m]$
$M_z$	Zátěžový moment	$[N \cdot m]$
$P$	Zatížení ložiska	$[N]$
$P_m$	Příkon motoru	$[W]$
$Q$	Dopravované množství	$[kg \cdot h^{-1}]$
$Q_s$	Skutečný objemový dopravní výkon	$[m^3 \cdot h^{-1}]$
$Q_v$	Objemový dopravní výkon	$[m^3 \cdot h^{-1}]$
$R$	Hydraulický poloměr	$[m]$
$R$	Zaoblení pera	$[mm]$
$R_s$	Účinný poloměr šneku	$[m]$
$S_1$	Průřez vpusti zásobníku	$[m^2]$
$S_s$	Plocha průřezu šnekovnice	$[m^2]$
$W_k$	Modul průřezu v krutu	$[m^3]$
$W_o$	Modul průřezu v ohybu	$[m^3]$
$c$	Opravný součinitel	$[-]$
$d$	Průměr hřídele	$[mm]$
$d$	Průměr kolíku	$[mm]$
$d_t$	Vnitřní průměr trubky	$[m]$
$g$	Gravitační zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
$h$	Dopravní výška	$[m]$

k	Koeficient synnosti	[-]
k <sub>d</sub>	Dynamický součinitel	[-]
k <sub>d</sub>	Součinitel závěsu	[-]
k <sub>s</sub>	Statická bezpečnost	[-]
l	Délka pera	[mm]
l'	Činná délka pera	[mm]
l <sub>v</sub>	Vodorovná dopravní vzdálenost	[m]
n	Otáčky šneku	[ot·s <sup>-1</sup> ]
n <sub>m</sub>	Otáčky motoru	[ot·min <sup>-1</sup> ]
p	Exponent typu ložiska (kuličkové = 3)	[-]
p	Tlak ve stykové ploše	[MPa]
p <sub>D</sub>	Dovolený tlak	[MPa]
p <sub>dov</sub>	Dovolený tlak ve stykové ploše	[MPa]
p <sub>max</sub>	Maximální tlak ve stykové ploše	[MPa]
q	Spojité zatížení	[N·m]
q <sub>m</sub>	Měrná hmotnost materiálu	[kg·m <sup>-1</sup> ]
s	Stoupání	[m]
t <sub>1</sub>	Hloubka drážky v náboji	[mm]
t <sub>max</sub>	Maximální doba rozběhu	[s]
t <sub>r</sub>	Doba rozběhu	[s]
v	Rychlost šneku	[m·s <sup>-1</sup> ]
w	Celkový odporový součinitel	[-]
w	Průhyb šneku vyvolaný vlastní tíhou	[m]
w <sub>1</sub>	Odporový součinitel	[-]

$\alpha$	Sklon dopravníku	[°]
$\omega_M$	Úhlová rychlost motoru	[s <sup>-1</sup> ]
$\psi$	Součinitel plnění	[-]
$\tau_{sDOV}$	Dovolené napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_s$	Napětí ve smyku	[MPa]
$\tau_o$	Počáteční soudržné napětí	[Pa]
$\sigma_{red}$	Redukované napětí	[Pa]
$\sigma_o$	Napětí v ohybu	[Pa]
$\rho_s$	Sypná hmotnost	[kg·m <sup>3</sup> ]
$\varepsilon_M$	Úhlové zrychlení motoru	[s <sup>-2</sup> ]
$\varphi_w$	Úhel vnějšího tření	[°]
$\varphi_e$	Úhel vnitřního tření	[°]
$\eta_c$	Účinnost	[-]
$\gamma_s$	Sypná tíha	[N·m <sup>-3</sup> ]

# 1 Úvod

Cílem této diplomové práce je navrhnout segmentový šnekový dopravník, který bude sloužit pro dopravu uhlí do automatického kotle firmy BENEKOV. Zadání diplomové práce bylo vyhotoveno ve firmě BENEKOVterm s.r.o. Horní Benešov, která se zabývá tepelnou technikou, zejména kotli na tuhá paliva.

Šnekové dopravníky mají velkou škálu využití v topeňářské technice jako zásobovací prostředky. Jejich výhodou jsou malé jednoduché konstrukce, bezproblémovost, bezprašná doprava v uzavřeném prostředí. Realizace dopravy je možná jak ve směru s úklonem tak i vodorovném.

V úvodu této diplomové práce je úkolem seznámit s problematikou zásobování kotlen malých výkonů a se základními konstrukčními uzly šnekového dopravníku.

Praktická část zahrnuje návrh kompletního šnekového dopravníku, který se skládá z krátkých dílů pro jednoduchou manipulaci v kotelnách. Mezi hlavní části konstrukčních uzlů je stanovení velikosti šnekovnice pro dopravu určitého množství materiálu, volba pohonu a softwarové řízení celého systému. Součástí diplomové práce je kompletní výrobní dokumentace dle požadavků firmy.

## 2 Zásobování kotlů malých výkonů

Moderní kotle na spalování tuhých paliv (uhlí, pelet, dřevní štěrky) využívají kontinuálního přísunu paliva do ohniště. Ve většině případů se jedná o dopravu za pomoci šnekového dopravníku. Plynulá doprava materiálu do ohniště zaručuje stabilní požadovaný výkon a také vysokou účinnost.

V dnešní době je velkým zájmem zkvalitnit dopravu materiálu do zásobníku kotlů, ze kterých následně je palivo přenášeno na ohniště. Doprava do zásobníku kotlů probíhá z uzavřeného místa, kde je skladované palivo (např. uhelny) tím se navýší objem paliva, které je k dispozici. Uhelna musí být z bezpečnostních důvodů oddělena pevnou přepážkou dle normy (ČSN 06 1008:1997 Požární bezpečnost tepelných zařízení), protože uhelný prach nemůže být v kontaktu s tepelným zařízením.

Existuje několik metod, jak materiál přepravit z úložiště paliva do zásobníku kotle. Záleží hlavně na typu paliva, které chceme následně přepravit. Přeprava materiálu je mechanicky na základě šnekového dopravníku nebo pneumaticky.

### 2.1 Doprava uhlí

Uhlí se dopravuje do zásobníku pomocí šnekového dopravníku. Pneumatická doprava se pro tento typ materiálu nehodí, protože uhlí má velkou sypnou hmotnost a bylo by zapotřebí velké vývěvy pro přenos materiálu. V uhelné části je třeba dodržet sypných úhlů minimálně 40° z důvodu, aby materiál netvořil klenby, viz obr. 2.1.



Obr. 2.1 - Uložení dopravníku v uhelně [9]

Doprava šnekovým dopravníkem je účinná do sklonu okolo  $45^\circ$  pak dochází k velkým odporům, které vyvíjí sínová složka tíhy materiálu. Pro dopravu uhlí se využívá šnekovnice plné s dutou hřídelí.

**Výhody:**

- doprava v uzavřeném žlabu
- jednoduchá konstrukce

**Nevýhody:**

- při menším průměru šnekovnice dochází k drcení uhlí
- omezená délka dopravy dle pohonu, velké odpory při dopravě

Uhlí do zásobníku padá samospádem z horní strany šnekového dopravníku. Musí být zachován sypný úhel mezi dopravníkem a zásobníkem kotle min  $40^\circ$ , aby docházelo k volnému pádu uhlí do násypky, viz obr. 2.2.

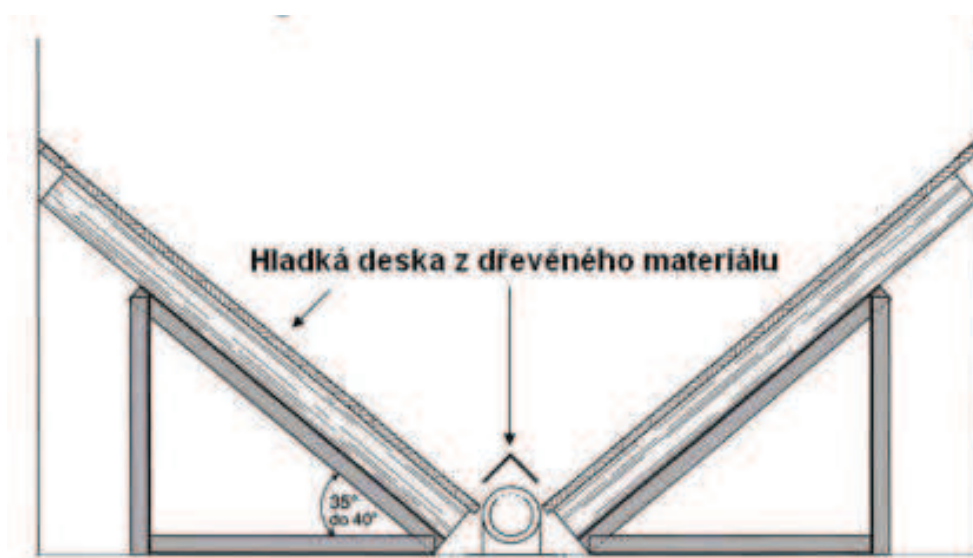


Obr. 2.2 - Vyústění šnekového dopravníku [9]

## 2.2 Doprava pelet

Doprava pelet oproti uhlí je o poznání jednodušší a to z důvodu sypné hmotnosti. Máme několik druhů dopravy pelet do zásobníku. Protože jsou pelety lehčí využívá se doprava pneumatickým dopravníkem (zde se jedná o vzduchotlaké sací potrubí), ale také šnekovým. Šnekový dopravník může být s plnou šnekovnicí stejně jako u dopravy uhlí, nebo může být použita šnekovnice obvodová. Pro kvalitní dopravu je důležitý nízký obsah vody v peletách.

Pelety můžeme skladovat uvnitř vytápěné budovy v odděleném skladovacím prostoru nebo ve stojanu v textilním zásobníku. Uskladnění mimo budovu vyžaduje vybudování speciálního skladu, který lze umístit pod zem. Je možné také využít vyřazené nádrže na zemní plyn nebo topný olej. Ve skladovacích prostorech je třeba dodržet sypných uhlů min.  $35^\circ$ , viz obr. 2.3. Stříška nad šnekovým dopravníkem, viz obr. 2.3, je z důvodu velké tíhy materiálu, která tlačí na šnekový dopravník, poté se zvyšují třecí odpory. Sklad by měl být dimenzován pro veškeré množství paliva potřebného na celou topnou sezonu (pro rodinný dům okolo  $10 \text{ m}^3$ ).



Obr. 2.3 - Sypné uhly skladovacích prostor [8]



### 2.2.1 *Doprava pelet pneumaticky*

Pneumatická doprava pelet slouží k průběžnému doplňování paliva z externího centrálního zásobníku do zásobníku kotle.

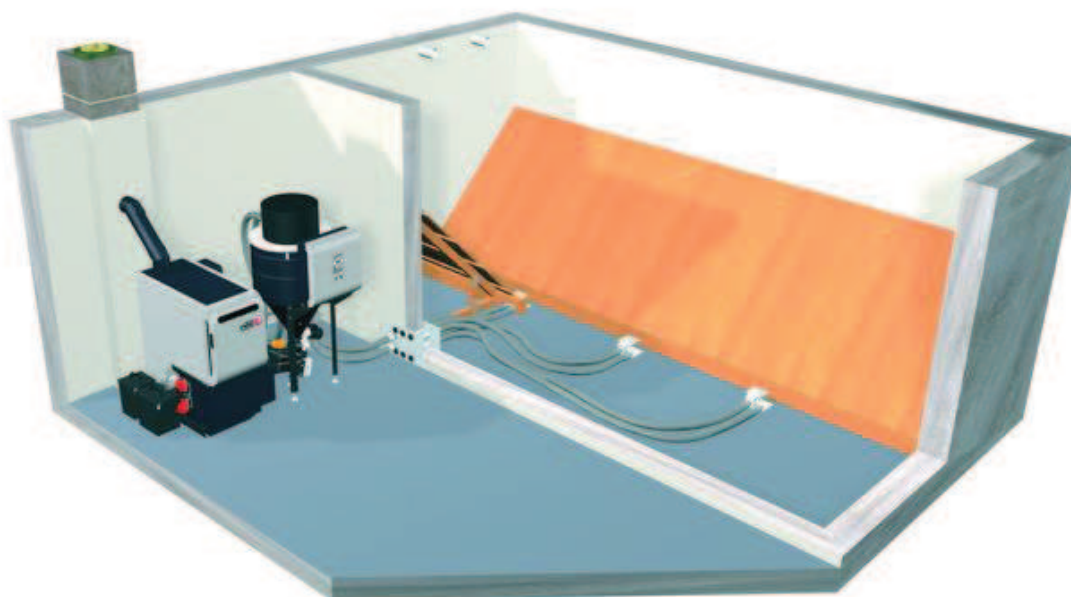
#### **Výhody:**

- doprava na větší vzdálenosti, efektivita a čistota
- snadná montáž a flexibilita

#### **Nevýhody:**

- hlučnost při užívání
- prašnost

Základními uzly popisované pneumatické dopravy, viz obr. 2.4, jsou cyklony umístěny na kotlovém zásobníku, sací ventilátor, regulátor a sací sonda umístěna na odběrném místě pod centrálním zásobníkem. Cyklon, ventilátor a sonda jsou propojeny průmyslovou antistatickou hadicí, která je vyztužena kovovou spirálou. Množství peletek v malém zásobníku je kontrolováno rotačním čidlem, které na základě otáčení snímá hladinu paliva v násypce kotle.



**Obr. 2.4 - Pneumatický systém dopravy pelet [15]**

### 2.2.2 Doprava pelet šnekovým dopravníkem

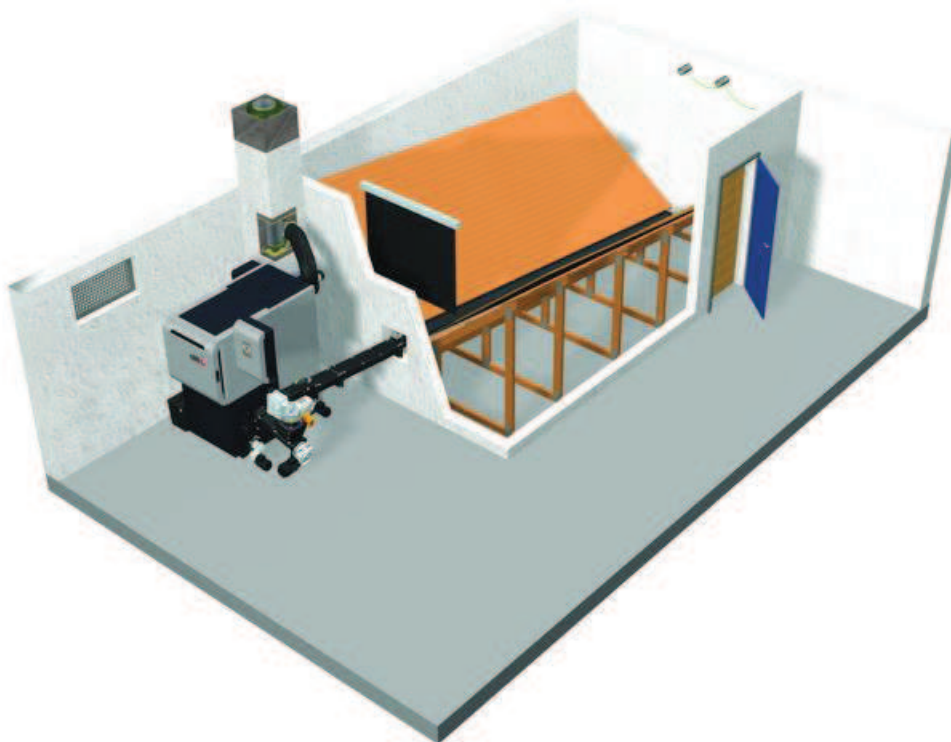
Doprava pelet šnekovým dopravníkem je využívána na kratší vzdálenosti cca do 5m, viz obr. 2.5. Na delší dopravu se využije pneumatické dopravy. Základními uzly je šnekovnice (může být použita obvodová nebo plná) se žlabem, nebo trubicou. Doprava probíhá k pohonu. Základem je vytvoření sypaných úhlů, viz obr. 2.3.

#### Výhody:

- jednoduchá a čistá doprava
- tichá doprava

#### Nevýhody:

- může docházet k drcení
- omezená délka dopravy
- rychlost závislá na stoupání a otáčkách



Obr. 2.5 - Doprava pelet šnekovým dopravníkem (plná šnekovnice) [15]

## 2.3 Doprava dřevní štěpky

Dřevní, resp. lesní štěpka je strojně nakrácená a nadrcená dřevní hmota na částice o délce od 3 do 250 mm. Je získávána z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin. Jedná se o velmi levné biopalivo určené pro vytápění větších budov. Podle kvality štěpky a dalších příměsí ji můžeme dělit na štěpku zelenou, hnědou a bílou.

### *Dřevní štěpka ze zbytků lesní těžby*

Jedná se o strojně zpracované těžební zbytky a kmínky z probírek na délku 50 až 250 mm. Obsah vody bezprostředně po těžbě dosahuje více než 55%, objemová hmotnost se pohybuje okolo 300 kg/m<sup>3</sup>. Obsah vody po přirozeném dosoušení přes léto na slunném a větru vystaveném místě zpravidla klesá na 30% při objemové hmotnosti kolem 250 kg/m<sup>3</sup>. Výhřevnost je vysoce závislá na obsahu vody, její hodnotu můžeme uvažovat v rozmezí 8 až 12 MJ/kg.

Pro skladování dřevní štěpky potřebujeme díky její nízké objemové hmotnosti prostornější sklady, velkoobjemová síla, nebo haly. V případě instalace kotle na štěpku v rodinném domě je potřeba počítat s odpovídajícími prostory např. ve sklepě pro min. 50 m<sup>3</sup> štěpky. Ve skladu musí být především zaručeno nezbytné provětrávání. Palivová štěpka má vyšší obsah vody, je náchylná k plesnivění a zapařování, což by mohlo v uzavřených místnostech vést k riziku samovznícení. Dostatečné provětrávání skladu nám zajistí i dosoušení štěpky během skladování. Uskladnění přímo ve vytápěných obytných budovách bez účinného provětrávání skladu se nedoporučuje, v některých zemích je přímo zakázáno. Při skladování většího objemu dřevní štěpky je potřeba dimenzovat vstup do skladu pro dopravní a manipulační techniku.

Vlastní přikládání dřevní štěpky je nejčastěji řešeno šnekovým dopravníkem, popř. pomocnými hrably z blízkého skladu paliva. V případě vytápění většího objektu je menší objem štěpky do kotle dopravován šnekovým dopravníkem z meziskladu, který je dle aktuální potřeby doplňován větším pásovým dopravníkem nebo kolovým manipulátorem z centrálního skladu štěpky. [8]

### **Výhody:**

- doprava na větší vzdálenosti než u uhlí na základě menší objemové hmotnosti

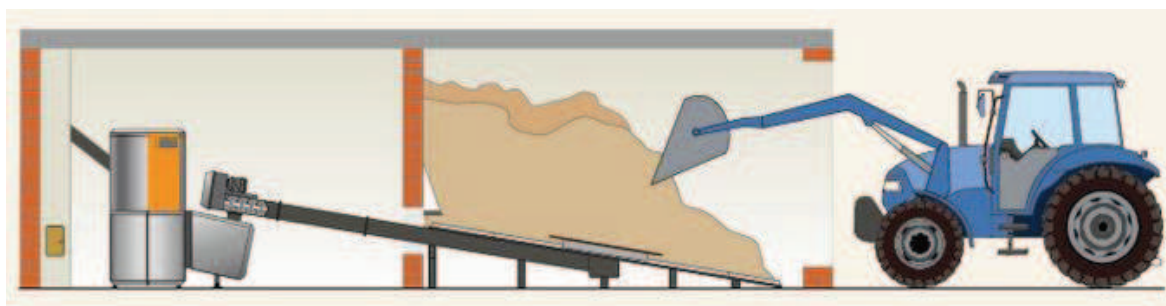
### Nevýhody:

- nepravidelnost dřevní štěrky a její následné zasekávání pod škenovnicí

Základními uzly popisované dopravy štěrky je rozhrabávač na talířovém disku, který je poháněn motorem s převodovkou. Jehož úkolem je nahrnovat dřevní štěrku do šnekového dopravníku, viz obr. 2.6. Ramena rozhrabávače jsou zkonstruovány z pružinové oceli, která se deformuje a tak vymezuje celý úložný prostor.



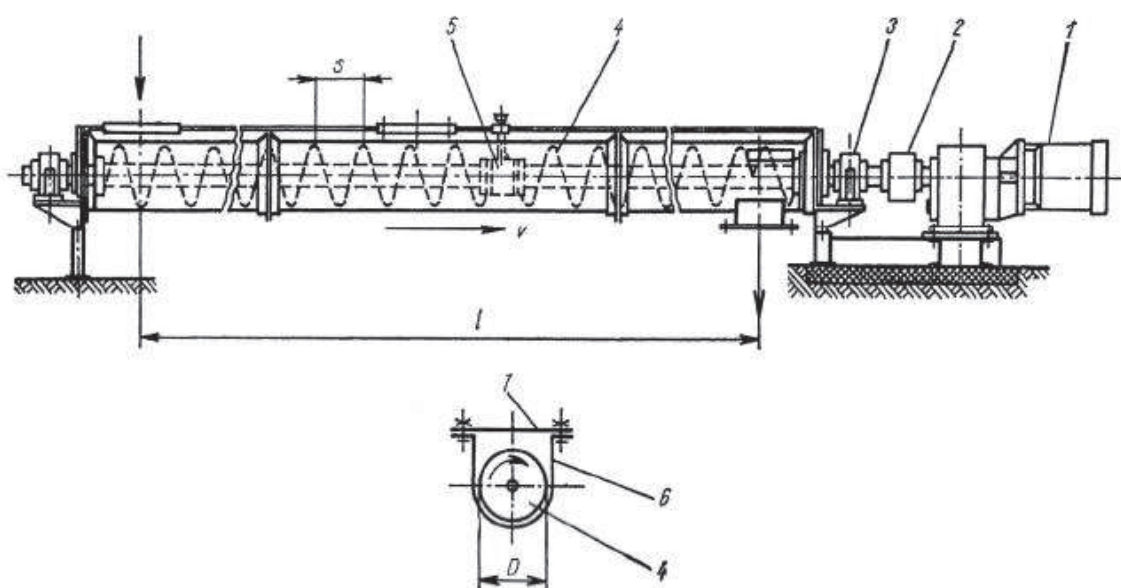
Obr. 2.6 - Rozhrabávač na dřevní štěrku [8]



Obr. 2.7 - Schéma dopravy dřevní štěrky [15]

### 3 Šnekové dopravníky

Šnekové dopravníky slouží k dopravě sypkých a abrazivních materiálů. Jejich konstrukce je přizpůsobena k dané technologické lince například jako podavač materiálu ze sila. Využívá se v průmyslu, zemědělství, potravinářství. Šnekové dopravníky jsou určeny pro dopravu vodorovnou, šikmou a výjimečně také svislou dopravu. Velkou výhodou dopravníku je jejich jednoduchá konstrukce. Dopravované množství u šnekových dopravníků se pohybuje od 1 do 300 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>, dosahují délek až 50m. Skládá se z šnekové hřídele, žlabu, elektromotoru, spojky, viz obr. 3.1. [7]



Obr. 3.1 - Šnekový dopravník [7]

1 - elektromotor; 2 - spojka; 3 - ložiska; 4 - šneková hřídel; 5 - vodící ložiska; 6 - žlab; 7 - víko žlabu

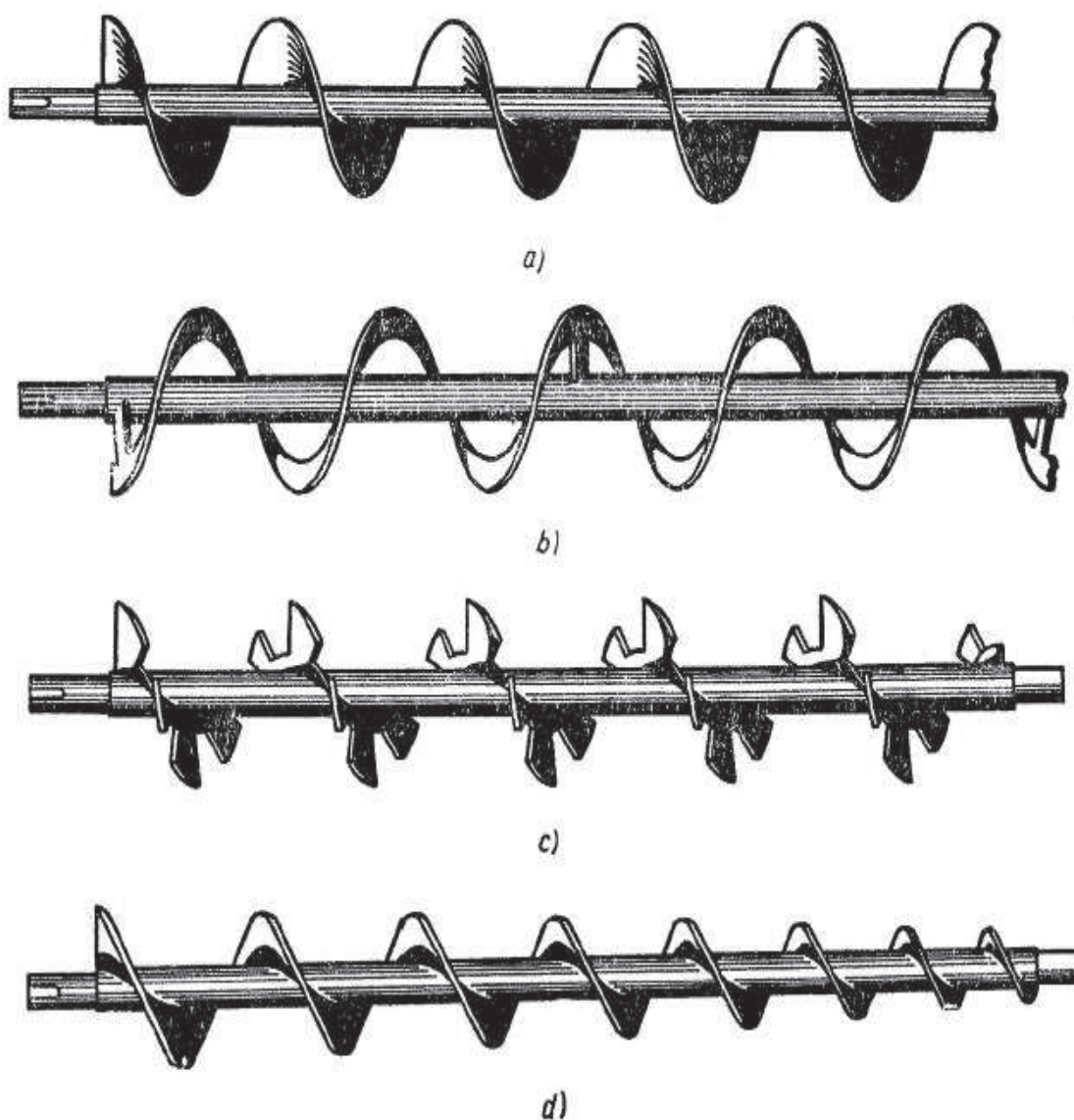
#### 3.1 Části šnekového dopravníku

Mezi nejdůležitější části šnekového dopravníku můžeme zařadit šnekovnici, žlab nebo trubku (záleží dle konstrukce) a pohon s převodovkou a spojkou. Spojky a pohony se mohou lišit na základě použití dopravníku a jeho velikosti.



### 3.1.1 Šnekovnice

Je nejdůležitější částí celého dopravního systému. Šnekovnice se vyrábí plné, obvodové nebo lopatkové, viz obr. 3.2. Šnekovnice plná se uplatňuje při dopravě práškových a jemně zrnitých nelepivých směsí. Lopatkové umožňují dopravu lepivých materiálů a obvodové se používají pro zrnité soudržné materiály. Na smyslu otáčení a stoupání šneku je závislý pohyb materiálu. Ve většině případů se volí stoupání stejné jako je průměr šnekovnice. Na dopravu paliv je využívána v mnoha případech šnekovnice plná, zejména u uhlí a štěpky. Šnekovnici obvodovou využijeme při dopravě pelet.

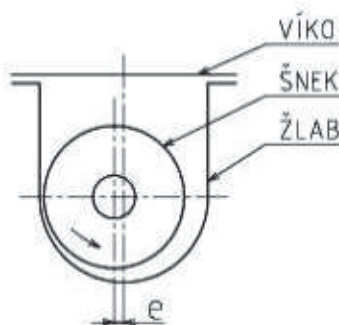


**Obr. 3.2 - Druhy šnekovnic [6]**

*a) plná, b) obvodová, c) lopatková, d) kuželová*

### 3.1.2 Žlab

Tvoří nosnou část dopravníku. Jeho velikost je závislá na velikosti šnekovnice a na požadovaném množství přepravovaného materiálu. Žlab může být ve tvaru písmene U s víkem nebo může být tvořen trubkou. Šnekovnice je uložena vůči ose žlabu excentricky, viz obr 3.3. Tím je dosaženo, že se mezera mezi šnekovnicí a žlabem ve směru otáčení postupně zvětšuje a zamezuje se zadrhávání a drcení dopravovaného materiálu. Vůle mezi šnekem a žlabem je 2-10 mm.



Obr. 3.3 - Excentricita uložení šnekovnice [6]

### 3.1.3 Pohon

K pohonu šnekových dopravníků se dnes nejčastěji využívají elektromotory složené z převodovky a motoru, viz obr. 3.4 a k tomu připojené spojky. Hnací skupina se obvykle ukládá na konzolu spojenou s čelem žlabu nebo za pomoci příruby na čelo žlabu. Rozlišujeme dva základní typy dopravníků:

- a) tlačné - materiál se pohybuje směrem od pohonu
- b) tažné - materiál se pohybuje směrem k pohonu

V dnešní době je také možno použít motor s frekvenčním měničem, kde lze na základě frekvence plynule regulovat rychlost otáčení šnekovnice.



Obr. 3.4 - Pohon dopravníku [14]

## 3.2 Druhy šnekových dopravníků dle konstrukce

Máme několik základních druhů šnekových dopravníků. Základní rozdělení je dle konstrukce žlabu.

### 3.2.1 Žlabový šnekový dopravník

Žlab dopravníku má tvar písmene U nebo V a okraj žlabu je opatřen lemem, který zvyšuje tuhost celé konstrukce. Tento typ umožňuje lepší kontrolu a čištění. Na rozdíl od trubkových šnekových dopravníků, které často bývají mobilní, jsou žlabové dopravníky umístěny stacionárně a slouží např. k vyprazdňování sil a zásobníků nebo zásobování technologických zařízení ve výrobě (obr. 3.5).



Obr. 3.5 - Žlabový šnekový dopravník [10]

Pro zvýšení výdrže materiálu je možno vnitřní plochy vystlat otěruvzdornými materiály, čímž se zvýší trvanlivost zařízení. Žlab pro vyšší výdrž se může vyrobit z HARDOXU nebo nerezových ocelí, které mají oproti klasickým ocelím vyšší otěruvzdornost. Nevýhodou těchto řešení je navýšení ceny zařízení.

### 3.2.2 Trubkový šnekový dopravník

Konstrukce dopravníku je tvořena trubicí. Dopravník je sestaven z několika tlustostěnných trubek, násypného a výsypného otvoru. Trubkové dopravníky umožňují dopravu materiálu od 0° do 90°. Uplatnění nacházejí v zemědělství, potravinářství a tam, kde je potřeba dopravy jemného sypkého materiálu. V energetickém průmyslu se využívají u dopravy materiálu do kotlů a jeho zásobování. Jejich nevýhodou je chod naprázdno a nízká životnost šnekové hřídele kvůli působení tření (obr. 3.6).





**Obr. 3.6 - Trubkový šnekový dopravník [10]**

Velkou výhodou trubkových dopravníků je jejich mobilita. V některých případech jsou součástí přívěsných vozíků za zemědělskou techniku a následně používány na polích.

## 4 Návrh technického řešení

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout technické řešení šnekového segmentového dopravníku pro dopravu uhlí do automatického kotle firmy BENEKOV. V technickém řešení byl navržen trubkový šnekový dopravník v různých velikostech. Při návrhu jsem byl limitovaný používanými materiály ve firmě BENEKOV term z důvodu ušetření výrobních nákladů. Materiální náklady jsou vyčísleny maximálně na hodnotu 15 000 Kč výrobní ceny.

V technickém řešení bylo dále potřeba navrhnout pohon, který naplní uhlím 0,5 m<sup>3</sup> násypku za 30 minut.

### 4.1 Určení dopravovaného množství

Sypná hmotnost hnědého uhlí (Ořech 2), které je dopravováno do automatického kotle, je  $\rho_s$  - 720 kg·m<sup>-3</sup>, objemový dopravník výkon  $Q_v$  - 1 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>.

**Dpravovaný objem**

$$Q = Q_v \cdot \rho_s = 1 \cdot 720 = 720 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (4.1)$$

kde:  $Q$  je dopravované množství [kg·h<sup>-1</sup>];  $Q_v$  - objemový dopravní výkon [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>];  
 $\rho_s$  - sypná hmotnost [kg·m<sup>3</sup>].

### 4.2 Výpočet průměru šnekovnice

Pomocí vztahu pro výpočet výkonu dopravníku určíme průměr šneku. Vztah pro výpočet objemového výkonu dopravníku dle literatury: [6]

$$Q_v = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \cdot C_H \cdot n \cdot \psi \quad (4.2)$$

kde:  $D$  je průměr šnekovnice [m];  $s$  - stoupání [m];  $n$  - otáčky šneku [ot·s<sup>-1</sup>];  
 $\psi$  - součinitel plnění [-];  $C_H$  - Součinitel pro snížení dopravovaného množství vzhledem ke sklonu dopravníku [-].

Průměr, který jsem vypočetl z rovnice 4.2, upravíme a zaokrouhlíme na nejbližší vyšší, který je k dispozici ve skladu polotovarů firmy BENEKOVterm.

Stoupání šnekovnice volíme dle norem na přibližnou hodnotu. V našem případě se stoupání rovná průměru šnekovnice.

$$s \approx D \quad (4.3)$$

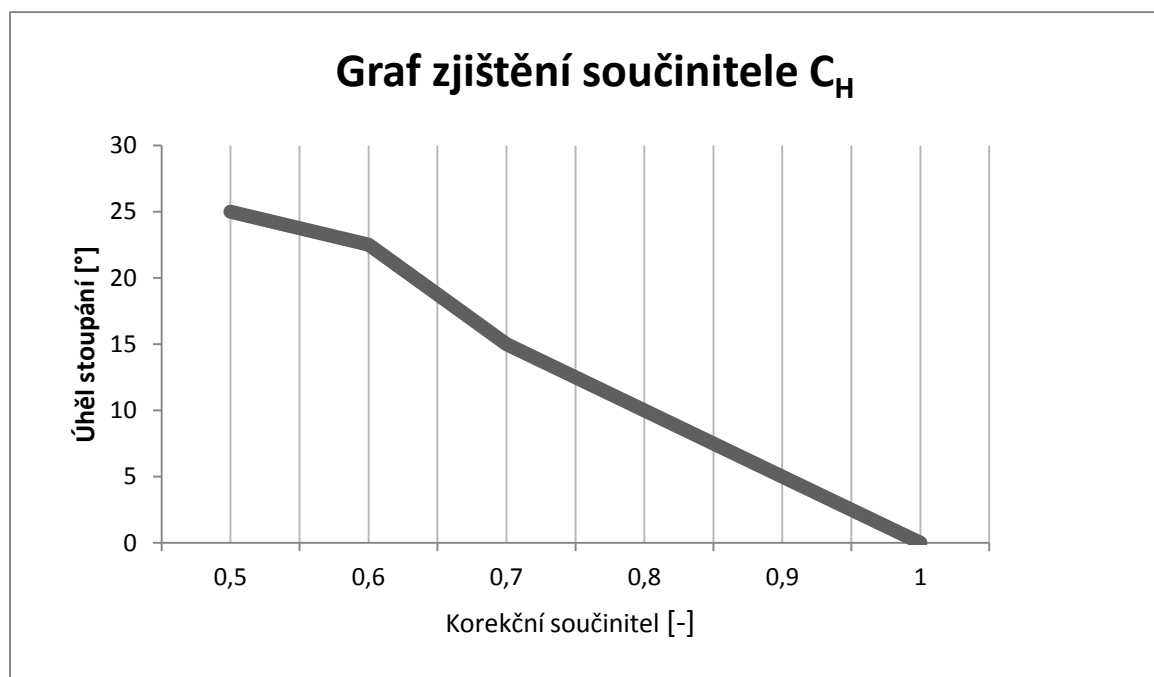
Tab. č. 1 - Základních hodnot pro výpočet průměru šnekovnice

Základní vlastnosti materiálu	Příklad	$\psi$	$n$ [ot·s <sup>-1</sup> ]	$v$ [m·s <sup>-1</sup> ]
Neabrazivní, lehký	Uhelný prachy	0,45	2 až 4	0,5
Neabrazivní zrnitý a práškový abrazivní	Cement, písek, drobné uhlí	0,30	1 až 2	0,2 až 0,4
Velmi zrnitý a hrubě kusovitý	Kamení, koks	0,15	0,2 až 1	0,1

Z tabulky č. 1 vyplývají naše hodnoty pro výpočet šnekovnice. Dopravníkem se dopravuje drobné uhlí frakce ořech 2. Volím hodnoty  $\psi = 0,3$ ;  $n = 1$  ot·s<sup>-1</sup>.

Hodnota součinitele  $C_H$  snižující dopravované množství vzhledem k úklonu dopravníku volím 0,5 na základě dopravy pod úhlem 25°.

Tab. č.2 - Graf součinitele  $C_H$

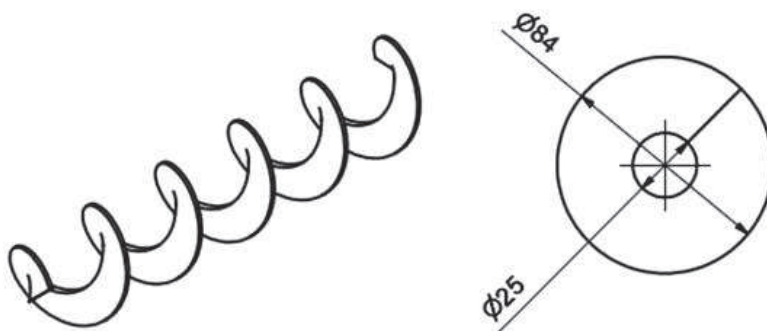


Zvolené hodnoty jsem dosadil do vyjádřené rovnice 4.4 a vypočetl průměr šnekovnice D:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot Q_v}{3600 \cdot \pi \cdot C_H \cdot n \cdot \psi}} = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 1}{3600 \cdot \pi \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,3}} = 0,048 \text{ m} = \mathbf{48 \text{ mm}} \quad (4.4)$$

#### 4.2.1 Volba šnekovnice

Vzhledem k malému rozměru a druhu materiálu zvolím nejpoužívanější šnekovnici ve firmě BENEKOV, D = 84 mm. Stoupání s - 84 mm.



Obr. 4.1 - Navržená šnekovnice [19]

#### Přepočet rychlosti šneku

$$v = s \cdot n = 0,084 \cdot 1 = \mathbf{0,084 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

kde: v je rychlost šneku [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ].

#### Skutečné dopravované množství

$$Q_s = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \cdot C_H \cdot n \cdot \psi = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot 0,084^2}{4} \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,3 = \mathbf{2,99 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}} \quad (4.5)$$

kde:  $Q_s$  je skutečný objemový dopravní výkon [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ].

### 4.3 Výkon motoru

Příkon dopravníku je určen řadou dílčích odporů, z nichž některé se nedají stanovit výpočtem s dostatečnou přesností. Proto se příkon motoru stanoví z celkového součinitele odporu. Součinitel plnění pro uhlí je 0,3 = 30% viz tab. č.1. Ve výpočtu výkonu motoru budu počítat s 100% zaplněním. Hodnotu  $w_1$  odečteme z tab. č.3.

### Výpočet výsledného odporového součinitele

$$w = \frac{w_1}{\psi_1} \cdot \psi = \frac{3}{30} \cdot 100 = \mathbf{10} \quad (4.6)$$

kde:  $w_1$  je odporový součinitel [-];  $w$  - celkový odporový součinitel [-].

Tab. č.3 - Hodnoty celkového součinitele odporu  $w_1$  [7]

Materiál	w [-]	Materiál	w [-]
Cement	3,0	Piliny dřevěné	1,8
Cukr	3,5	Sádra	2,8
Grafit	2,0	Štěrk, kamení	5,0
Chmel	2,3	Uhlí	3,0
Oves	2,0	Uhelný prach	2,3
Pšenice	2,3	Vápno hydrát	2,5

### Výpočet dopravované výšky materiálu

Materiál se dopravuje maximálně do vzdálenosti 4 m za pomoci segmentového šnekového dopravníku. Maximální doporučený sklon konstrukce je 25°.

$$\sin \alpha = \frac{h}{l_v} \quad (4.7)$$

$$h = \sin \alpha \cdot l_v = \sin 25^\circ \cdot 4 = \mathbf{1,69 \text{ m}} \quad (4.8)$$

kde:  $\alpha$  je sklon dopravníku [°];  $l_v$  - vodorovná dopravní vzdálenost [m];  
 $h$  - dopravní výška [m].

Vypočtené hodnoty jsem dosadil do výsledného vzorce 4.8:

$$P = \frac{Q_v \cdot g \cdot \rho_S}{3600} \cdot (l_v \cdot w + h) = \frac{2,99 \cdot 9,81 \cdot 720}{3600} \cdot (4 \cdot 10 + 1,69) = \mathbf{244,5 \text{ W}} \quad (4.9)$$

kde:  $P$  je výkon motoru [W];  $g$  - gravitační zrychlení [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ];  
 $w$  - celkový součinitel odporu [-].

### Příkon elektromotoru

$$P_M = 1,2 \cdot \frac{P}{\eta_c} = 1,2 \cdot \frac{244,5}{0,81} = \mathbf{362,3 \text{ W}} \quad (4.10)$$

kde:  $P_M$  je příkon motoru [W];  $\eta_c$ - účinnost [-].

Elektrický příkon motoru **362,3 W**.

### Kroutící moment na hřídeli šneku

Výpočet potřebného kroutícího momentu pro pohyb hřídele jsem spočítal na základě vypočteného elektrického příkonu a otáček šneku:

$$M_k = \frac{P_m}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{362,3}{2 \cdot \pi \cdot 1} = \mathbf{57,66 \text{ N} \cdot \text{m}} \quad (4.11)$$

kde:  $M_k$  je kroutící moment [N·m].

#### 4.3.1 Volba pohonu dopravníku

Na základě výpočtů a požadavku bylo třeba zvolit motor s kroutícím momentem minimálně 57,66 N·m, příkonem elektrickým 362,3 W a s otáčky přibližně 1 ot·s<sup>-1</sup>.

Zvolil jsem typ motoru MEERAXX071-11, typ převodovky MFS20. Ostatní parametry zvoleného pohonu jsou umístěny viz tab. č.3. Převodovka je čelní s šikmými zuby od společnosti TOS s.r.o.

### Parametry pohonu:

Tab. č.4 - parametry pohonu [14]

<b>Jmenovitý výkon motoru</b>	0,55 kW
<b>Jmenovité otáčky motoru</b>	3000 ot·m <sup>-1</sup>
<b>Výstupní kroutící moment</b>	94 N·m
<b>Výstupní dutá hřídel</b>	20 mm
<b>Provozní faktor</b>	0,95
<b>Jmenovité napětí</b>	1~230 V AC
<b>Jmenovitá frekvence</b>	50 Hz
<b>Stupeň krytí</b>	IP 54
<b>Převodový poměr</b>	57,9
<b>Výstupní otáčky</b>	0,86 ot·s <sup>-1</sup>
<b>Ochrana motoru</b>	Termokontakt
<b>Doplňky motoru</b>	S kondezátorem

#### 4.3.2 Upevnění pohonu dopravníku

Pohon je upevněn ke konzole motoru za pomoci čtyř šroubů velikosti M8x30 minimální pevnosti 8.8. viz obr. 4.2.



Obr. 4.2 - Uchycení pohonu

#### 4.4 Odpor materiálu proti pohybu

Při použití šnekového dopravníku jsem musel počítat s odpory, které působí na dopravovaný materiál. Zahrnujeme zde dva odpory, a to tření materiálu po šneku a odpor z trhání materiálu ve výpusti.

##### Koeficient sypnosti

Hodnota úhlu vnitřního tření je 45°: [7]

$$k = \frac{1 - \sin \varphi_e}{1 + \sin \varphi_e} = \frac{1 - \sin 45}{1 + \sin 45} = 0,17 \quad (4.12)$$

kde:  $\varphi_e$  je úhel vnitřního tření [°]; **k** - koeficient sypnosti[-].

##### Sypná tíha

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g = 720 \cdot 9,81 = 706,3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-3} \quad (4.13)$$

kde:  $\gamma_s$  je sypná tíha [ $\text{N} \cdot \text{m}^{-3}$ ].

### Součinitel tření

Hodnota úhlu vnějšího tření je 42°: [7]

$$f_w = tg \cdot \varphi_w = tg42 = 0,9 \quad (4.14)$$

kde:  $\varphi_w$  je úhel vnějšího tření [°].

### Výpočet hydraulického poloměru

$$R = \frac{D}{4} \cdot \left(1 - \frac{\sin \varphi_e}{\frac{\pi \cdot \varphi_e}{180}}\right) = \frac{0,084}{4} \cdot \left(1 - \frac{\sin 45}{\frac{\pi \cdot 45}{180}}\right) = 0,0189 \text{ m} \quad (4.15)$$

kde: **R** je hydraulický poloměr [m].

### Výpočet Janssenovy síly

$$F_1 = \frac{\gamma_s \cdot R}{f_w \cdot k} \cdot k_d \cdot k_o \cdot S_1 = \frac{706,3 \cdot 0,0189}{0,9 \cdot 0,17} \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,02 = 4,5 \text{ N} \quad (4.16)$$

Janssenova síla je zanedbatelná, ale budu s ní i nadále počítat.

Dle [6] volím dynamický součinitel  $k_d = 1,1$  a součinitel závěsu  $k_o = 1$

kde: **k<sub>d</sub>** je dynamický součinitel [-]; **k<sub>o</sub>** - součinitel závěsu [-];  
**S<sub>1</sub>** - průřez vpusti zásobníku [m²].

### Odpor tření materiálu po šneku

$$K_1 = F_1 \cdot \sin \alpha + F_1 \cdot \cos \alpha \cdot w + S_s \cdot l_v \cdot \gamma_s \cdot \psi \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot w) \quad (4.17)$$

$$K_1 = 4,5 \cdot \sin 25 + 4,5 \cdot \cos 25 \cdot 10 \cdot \frac{\pi \cdot 0,084^2}{4} \cdot 4 \cdot 706,3 \cdot 0,3 \cdot (\sin 25 + \cos 25 \cdot 10) = 488,1 \text{ N}$$

kde: **K<sub>1</sub>** je odpor tření materiálu po šneku [N]; **S<sub>s</sub>** - plocha průřezu šnekovnice [m²].



### Odpor z trhání materiálu ve výpusti

$$K_2 = (F_1 \cdot f_w \cdot \tau_o \cdot S_s) \cdot c = \left(4,5 \cdot 0,9 \cdot 280 \cdot \frac{\pi \cdot 0,084^2}{4}\right) \cdot 1,5 = \mathbf{9,4\ N} \quad (4.18)$$

Volím opravný součinitel  $c = 1,5$  [7]

kde:  $K_2$  je odpor trhání materiálu ve výpusti [N];  $\tau_o$  - počáteční soudržné napětí [Pa];  
 $c$  - opravný součinitel [-]

### Celkový odpor proti pohybu materiálu

Vypočetl jsem celkový odpor materiálu proti pohybu na základě součtu dvou odporů.

$$K = K_1 + K_2 = 488,1 + 9,4 = \mathbf{497,5\ N} \quad (4.19)$$

kde:  $K$  je celkový odpor proti pohybu materiálu [N].

## 4.5 Výpočet ložiska

Pro návrh ložiska bylo nutné znát velikost axiální síly a radiální síly, která zde působí.

### Účinný poloměr šneku

$$R_s = 0,8 \cdot \frac{D}{2} = 0,8 \cdot \frac{0,084}{2} = \mathbf{0,0336\ m} \quad (4.20)$$

kde:  $R_s$  je účinný poloměr šneku [m].

### Výpočet axiální síly

Axiální sílu, která zatěžuje ložisko, jsem vypočetl na základě kroutícího momentu a podílu účinného poloměru šneku a tangentou součtů úhlu vnějšího tření a úhlu stoupání dopravníku.

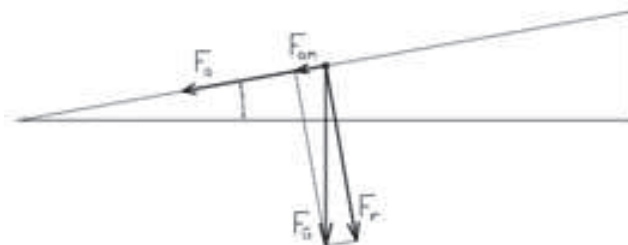
$$F_a = \frac{M_k}{R_s \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_w)} = \frac{94}{0,0336 \cdot \operatorname{tg}(25 + 42)} = \mathbf{1108,3\ N} \quad (4.21)$$

kde:  $F_a$  je axiální síla [N].

### Výpočet celkové axiální síly

$$F_{acelk} = F_a + F_{am} \quad (4.22)$$

kde:  $F_{acelk}$  je celková axiální síla [N].



Obr. 4.3 - Rozložení sil

$$F_{am} = F_g \cdot \sin \alpha = m_{\xi} \cdot g \cdot \sin \alpha = 19,64 \cdot 9,81 \cdot \sin 25 = \mathbf{81,42 \text{ N}} \quad (4.23)$$

kde:  $F_g$  je tíhová síla šnekové hřídele [N];  $g$  - gravitační zrychlení [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ].

Vypočetl jsem celkovou axiální sílu viz vzorec 4.22:

$$F_{acelk} = 1108,3 + 81,42 = \mathbf{1189,72 \text{ N}} \quad (4.24)$$

### Výpočet radiální síly

$$F_r = \sqrt{F_g^2 - F_{am}^2} = \sqrt{192,7^2 - 81,42^2} = \mathbf{174,6 \text{ N}} \quad (4.25)$$

kde:  $F_r$  je radiální síla [N].

### Výpočet zatížení ložiska

Zatížení ložiska jsme spočetli na základě poměru radiální a axiální síly, kde jsme použili vzorec 4.26 [12], který je předepsán pro tento případ:

$$P = 0,5 \cdot F_r + 2,5 \cdot F_a = 0,5 \cdot 174,6 + 2,5 \cdot 1189,72 = \mathbf{3061,6 \text{ N}} \quad (4.26)$$

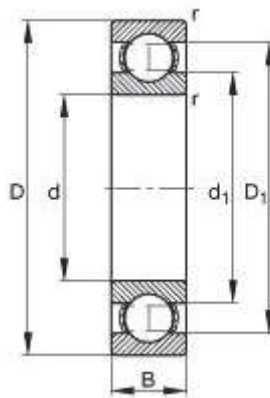
kde:  $P$  je zatížení ložiska [N].

#### 4.5.1 Volba ložiska

Zvolil jsem ložisko SKF 6005 ZR (obr. 4.4) s oboustranným zakrytím viz tab. č. 4 z důvodu velké prašnosti. Ložisko je dále zakryto těsnícím kroužkem.

Tab. č. 5 - rozměry ložiska [12]

$d$	25 mm
$D$	47 mm
$d_1$	28 mm
$D_1$	43 mm
$B$	12 mm
$r$	0,6 mm
$C$	10,070 kN



Obr. 4.4 - Rozměry ložiska [12]

#### Výpočet životnosti ložiska

Životnost ložiska jsem vypočetl v provozních hodinách na základě otáček, kterými se otáčí šneková hřídel  $n = 52 \text{ ot} \cdot \text{m}^{-1}$ .

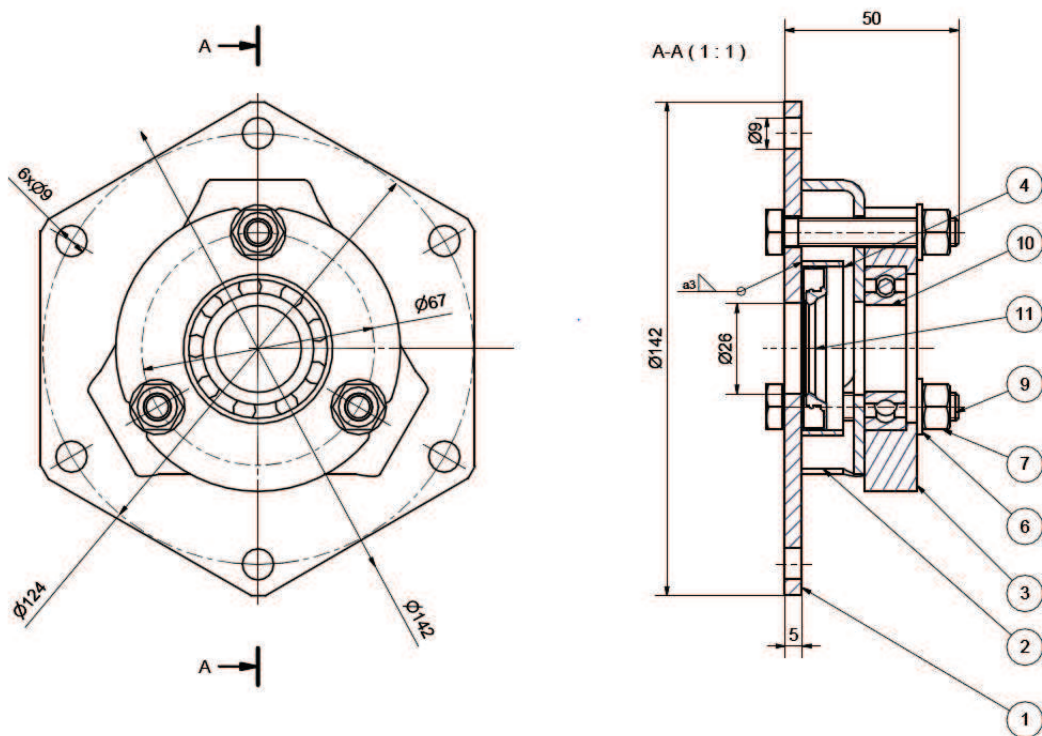
**Volím:** pravděpodobnost poruchy  $H = 10 \%$ ,

ideální provozní podmínky (ideální mazání a chlazení):

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{10,07}{3,061}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 52} = \mathbf{11410,2 \text{ hod}} \quad (4.27)$$

kde:  $L_{10h}$  je životnost ložiska [hod];  $C$  - základní dynamická únosnost ložiska [kN];  
 $p$  - exponent typu ložiska (kuličkové = 3) [-].

Ložisko je axiálně zajištěno proti pohybu šrouby viz obr. 4.5. Šneková hřídel, která vychází z dopravníku je oddělena těsnícím kroužkem (těsnicí kroužek je součástí ložiskového domku), aby nedocházelo k úniku uhlého prachu a následného znečištění ložiska.



**Obr. 4.5 - Uložení ložiska**

*1 - koncová příruba předpodavače, 2 - podpěrný mostek, 3 - pouzdro ložiska, 4 - trubka na uložení těsnění, 5 - podložka, 7 - matice, 9 - šroub, 10 - ložisko 6005, 11 - těsnicí kroužek,*

## 4.6 Kontrola pohonu na rozběh

Navrhl jsem jednofázový pohon viz bod 4.3, a je zapotřebí provést kontrolu tohoto pohonu na rozběh. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce jsem zvolil dobu rozběhu maximálně  $t_{\max} = 2$  s.

### Statický moment od zatížení dopravníku redukováný na hřídel motoru

$$M_{SM} = (K_1 + K_2) \cdot \frac{D}{2} \cdot \frac{1}{(\eta_c \cdot i_p)} = (488,1 + 9,4) \cdot \frac{0,084}{2} \cdot \frac{1}{(0,81 \cdot 57,9)} \quad (4.28)$$

$$M_{SM} = (488,1 + 9,4) \cdot \frac{0,084}{2} \cdot \frac{1}{(0,81 \cdot 57,9)} = \mathbf{0,44 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

kde:  $M_{sm}$  je statický moment na hřídeli motoru [N·m].

### Měrná hmotnost dopravovaného materiálu

$$q_m = \frac{Q_s}{3,6 \cdot v} = \frac{2,99}{3,6 \cdot 0,084} = 9,88 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad (4.29)$$

kde:  $q_m$  je měrná hmotnost materiálu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ].

### Redukovaný moment setrvačnosti na hřídel motoru

$$J_1 = \frac{1}{2} \cdot m_{red} \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot [(q_m \cdot l_v) + m_s] \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (4.30)$$

$$J_1 = [(9,88 \cdot 4) + 19,64] \cdot \left(\frac{0,084}{2}\right)^2 = 0,104 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

kde:  $J_1$  je moment setrvačnosti na hřídeli motoru [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ].

$$J_{red} = J_1 \cdot \frac{1}{\eta_c \cdot i_p} = 0,104 \cdot \frac{1}{0,81 \cdot 57,9} = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (4.31)$$

kde:  $J_{red}$  je redukovaný moment setrvačnosti [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ].

### Dynamický moment od zpoždění posuvných a rotačních hmot

$$M_{DM} = J_{red} \cdot \varepsilon_M = J_{red} \cdot \frac{d\omega_M}{dt} \quad (4.32)$$

kde:  $\varepsilon_M$  je úhlové zrychlení motoru [ $\text{s}^{-2}$ ];  $M_{DM}$  - dynamický moment [ $\text{N} \cdot \text{m}$ ].

### Doba rozběhu

Dobu rozběhu jsem vypočetl z rovnice 4.40, doba rozběhu musí být menší než 2s. Dosazením rovnice 4.32 do vzorce 4.33 a následném z integrování nám vyšla doba rozběhu motoru v sekundách. Výpočet je na základě pohybové rovnice. Záběrový moment motoru dle katalogu  $M_z = 142 \text{ N} \cdot \text{m}$ :

$$M_z - M_{SM} - M_{DM} = 0 \quad (4.33)$$

$$M_z - M_{SM} - J_{red} \cdot \frac{d\omega_M}{dt} = 0 \quad (4.34)$$

$$M_z - M_{SM} = J_{red} \cdot \frac{d\omega_M}{dt} \quad (4.35)$$

$$(M_z - M_{SM}) \cdot dt = J_{red} \cdot d\omega \quad (4.36)$$

$$dt = \frac{J_{red}}{M_z - M_{SM}} \cdot d\omega \quad (4.37)$$

$$\int_0^{tr} dt = \int_0^{\omega_M} \frac{J_{red}}{M_z - M_{SM}} \cdot d\omega \quad (4.38)$$

$$t_r = \frac{J_{red}}{M_z - M_{SM}} \cdot \omega_M \quad (4.39)$$

$$t_r = \frac{J_{red}}{M_z - M_{SM}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_m}{60} \quad (4.40)$$

$$t_r = \frac{2,21 \cdot 10^{-3}}{142 - 0,44} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{3000}{60} = 0,29 \text{ s}$$

kde:  $t_r$  je doba rozběhu [s];  $M_z$  - moment záběrový motoru [N·m];  
 $n_m$  - otáčky motoru [ot·min<sup>-1</sup>];  $\omega_M$  - úhlová rychlost motoru [s<sup>-1</sup>];  
 $t_{max}$  - maximální doba rozběhu [s].

#### Kontrola rozběhu:

$$t_r \leq t_{max} \quad (4.41)$$

$$0,29 \leq 2 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

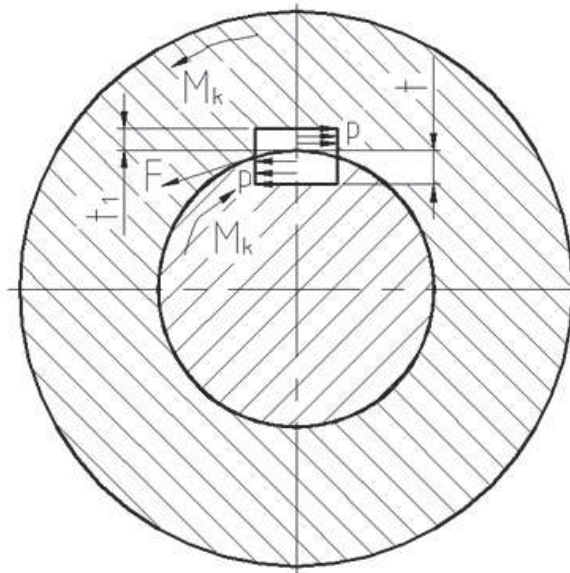
Pohon šnekového dopravníku vyhovuje. Doba rozběhu je menší než dovolená doba rozběhu.

## 4.7 Návrh spojky šnekové hřídele

Bylo nutno navrhnout spojku, která je vyrobitelná obráběcími operacemi. Z jedné strany je nutné zajištění pro kolík. Z druhé strany drážka pro pero, která se musí spočítat na základě krouticího momentu motoru. Šneková hřídel bude zajištěna ve spojce pružným kolíkem, navrhnutým na základě střížné síly, která v tomto místě bude působit.

#### 4.7.1 Výpočet pera

Velikost hřídele spojky je daná motorem, který má dutou hřídel o velikosti 20 mm a šířce drážky pro pero 6 mm. Úkolem je stanovit délku drážky, která je potřebná pro dostatečné a bezpečné přenesení krouticího momentu na šnekovou hřídel.



Obr. 4.6 - Výpočtové schéma těsného pera

#### Výpočet tlaku ve stykové ploše

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2 \cdot M_z}{t_1 \cdot l' \cdot d} \leq p_d \quad (4.42)$$

kde: **p** je tlak ve stykové ploše [MPa]; **d** - průměr hřídele [mm];  
**t<sub>1</sub>** - hloubka drážky v náboji [mm]; **l'** - činná délka pera [mm];  
**M<sub>z</sub>** - zátěžový moment [N·m]; **F** - zatěžující síla [N]; **p<sub>d</sub>** - dovolený tlak [MPa].

Hodnotu volím z literatury  $p_d = 100$  MPa na základě doporučených hodnot pro ocel-ocel.[13].

Vypočítal jsem činnou délku pera, viz rovnice 4.43:

$$l' = \frac{p_d \cdot t_1 \cdot d}{2 \cdot M_z} = \frac{100 \cdot 2,5 \cdot 20}{2 \cdot 142} = 17,6 \text{ mm} \quad (4.43)$$

### Výpočet velikosti pera těsného

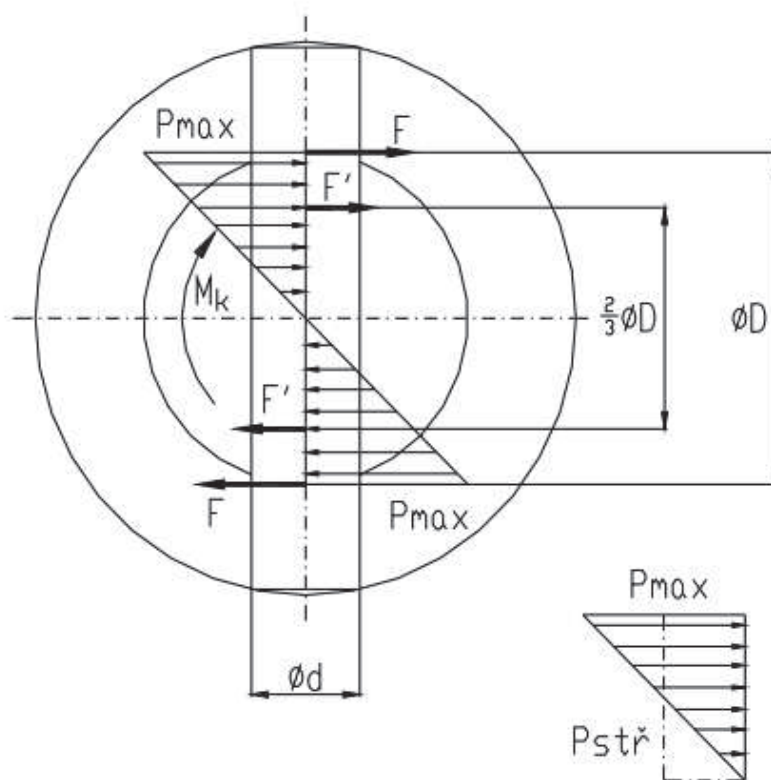
$$l = l' + 2 \cdot R = 17,6 + 2 \cdot 6 = \mathbf{29,6mm} \quad (4.44)$$

kde: **R** je zaoblení pera [mm]; **l** - délka pera [mm].

Volím pero těsné velikosti **6e7x6x56 ČSN 02 2562**. Toto pero volím z důvodu nejpoužívanějšího pera ve firmě BENEKOVterm a jeho skladové dostupnosti. Pero těsné je předimenzováno a nedojde k jeho porušení.

#### 4.7.2 Výpočet pružného kolíku

Za pomoci střižného kolíku spojíme pro přenos krouticího momentu šnekovou hřídel a spojku pohonu.



Obr. 4.7 - Výpočtové schéma pružného kolíku



## Kontrola na smyk

Z kontroly na smyk jsem si vyjádřil, průměr kolíku **d** viz rovnice 4.46:

$$\tau_s = \frac{\frac{M_z}{D}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{sDOV} \quad (4.45)$$

kde:  $\tau_s$  je napětí ve smyku [MPa];  $\tau_{sDOV}$  - dovolené napětí ve smyku [MPa];  
**D** - vnitřní průměr náboje [mm]; **d** - průměr kolíku [mm].

Dovolené hodnoty jsem zvolil, z tabulky viz příloha 1  $\tau_{sDOV} = 50$  MPa, protože v mém zájmu bylo zvolit kolík pružný rýhovaný, musel jsem tuto hodnotu ponížít o 30% z důvodu bezpečnosti. Výsledná hodnota je  $\tau_{sDOV} = 35$  MPa pro míjivé zatížení. Vnitřní průměr náboje je 25mm. Tento průměr odpovídá průměru nosné trubky šnekovnice.

## Výpočet velikosti pružného kolíku

Průměr kolíku si vyjádříme z rovnice 4.45 a po dosazení hodnot dostaneme průměr pružného rýhovaného kolíku:

$$d = \sqrt{\frac{\frac{4 \cdot M_z}{D}}{\tau_{sDOV} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{\frac{4 \cdot 142}{25}}{35 \cdot \pi}} = 1,2 \text{ mm} \quad (4.46)$$

Volím kolík pružný rýhovaný **ISO 8752 8x45**.

## Výpočet kolíku na otlačení

Výpočtem ověříme, zda tento zvolený kolík vyhovuje na otlačení. Hodnotu  $p_{dov} = 24$  MPa jsem zvolil, z tabulky viz příloha 1. Hodnotu je třeba ponížít o 30%, protože je použit rýhovaný kolík. Výsledná hodnota tedy je  $p_{dov} = 16,8$  MPa.

$$p_{max} = \frac{6 \cdot M_z}{D^2 \cdot d} \leq p_{dov} \quad (4.47)$$

kde:  $p_{max}$  je maximální tlak ve stykové ploše [MPa];  
 $p_{dov}$  - dovolený tlak ve stykové ploše [MPa].

Dosazením do rovnice 4.48 jsem ,ověřil, zda zvolený pružný kolík vyhovuje. Podmínka vyhovění je  $p_{\max} \leq p_{\text{dov}}$ :

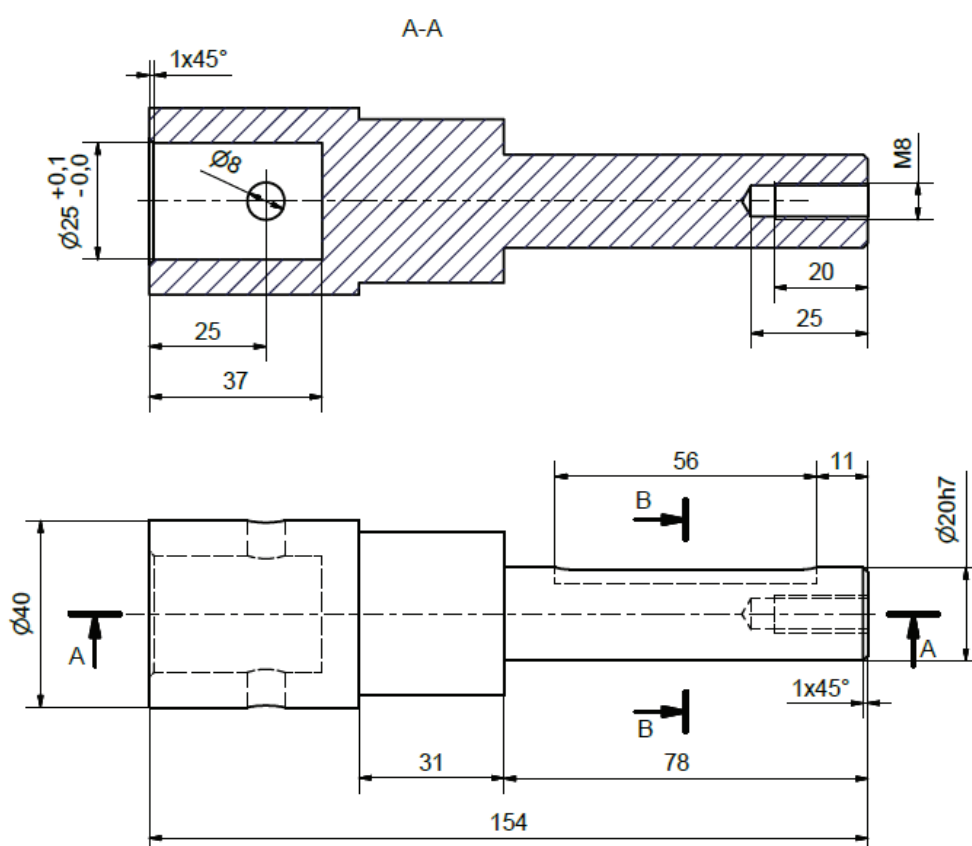
$$p_{\max} = \frac{6 \cdot M_z}{D^2 \cdot d} = \frac{6 \cdot 142}{25^2 \cdot 8} = \mathbf{0,17 \text{ MPa}} \quad (4.48)$$

$$p_{\max} \leq p_{\text{dov}} \quad (4.49)$$

$$0,17 \leq 16,8 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### Popis spojky hřídele

Spojka hřídele je navržena dle výpočtů v bodě 4.7. Spojka viz obr 4.8 je z jedné strany osazena vyfrézovanou drážkou pro pero těsné velikosti 6x6x56. Strana s perem těsným přijde do elektromotoru. Z čela spojky je vyvrtána díra se závitem M8 pro zajištění pohonu stavěcí podložkou. Levá strana spojky je přizpůsobena pro uložení šnekové hřídele a následně zajištěna střížným kolíkem proti přetížení velikosti 8x45. Hřídel pohonu ve výkresové dokumentaci má číslo 1311247401.



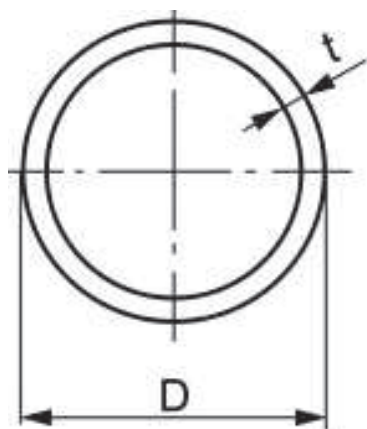
Obr. 4.8 - Spojka hřídele

## 4.8 Kontrola šnekové hřídele

Nejvíce namáhanou částí šneku je trubka. Vlastní váha šneku, kterou je trubka namáhána, jsem zobrazil jako spojitě zatížení. Vlivem točivého momentu od pohonu je trubka namáhána na krut a dále vlivem své vlastní váhy je namáhána na ohyb.

Trubka je vyrobena z polotovaru 25x5 EN 10219 viz obr 4.9.

- vnější průměr trubky  $D_t = 25\text{mm} = 0,025\text{ m}$
- tloušťka stěny  $t = 5\text{mm} = 0,005\text{ m}$



Obr. 4.9 - Rozměry trubky

### Výpočet spojitěho zatížení

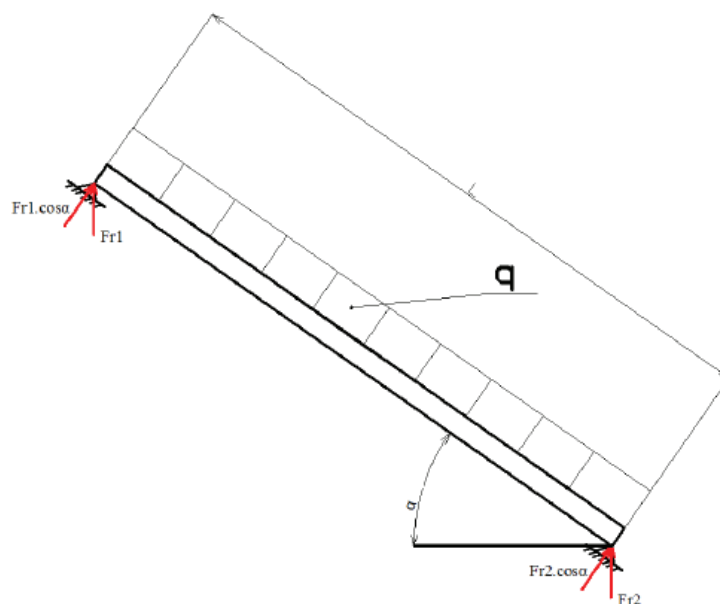
Spojitě zatížení je tvořeno tíhou šnekové hřídele. Jeden metr šnekovnice váží 4,91 kg. Tato hodnota je zjištěna ze softwaru INVENTOR 2014.

$$q = \frac{m_s \cdot g}{L} = \frac{4,91 \cdot 9,81}{1} = 48,16 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \quad (4.50)$$

kde:  $L$  je délka jednoho kusu šnekovnice [m];  $q$  - spojitě zatížení [ $\text{N} \cdot \text{m}$ ].

### Výpočet reakcí

Vypočteme reakce v podpěrách na základě obr. 4.10. V schématu je znázorněno spojitě zatížení, které je způsobeno tíhou šnekové hřídele.



Obr. 4.10 - Schéma šnekové hřídele pro výpočet

### Výpočet momentu k podpoře 2

$$F_{r1} \cdot \cos\alpha \cdot L - q \cdot L \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L}{2} = 0 \quad (4.51)$$

kde:  $F_{r1}$  je reakce v bodě 1 [N];  $F_{r2}$  - reakce v bodě 2 [N].

Vyjádříme neznámou  $F_{r1}$  z rovnice 4.51:

$$F_{r1} = \frac{q \cdot L \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L}{2}}{\cos\alpha \cdot L} = \frac{q \cdot L \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha \cdot 2} \quad (4.52)$$

$$F_{r1} = \frac{48,16 \cdot 1 \cdot \cos 25}{\cos 25 \cdot 2} = \mathbf{24,08 \text{ N}}$$

### Výpočet reakcí v podporách

$$\sum F_y = 0 \quad (4.53)$$

$$F_{r1} \cdot \cos\alpha - q \cdot L \cdot \cos\alpha + F_{r2} \cdot \cos\alpha = 0 \quad (4.54)$$

$$F_{r2} = q \cdot L \cdot \cos\alpha - \frac{q \cdot L \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha \cdot 2} \quad (4.55)$$

$$F_{r2} = 48,16 \cdot 1 \cdot \cos 25 - \frac{48,16 \cdot 1 \cdot \cos 25}{\cos 25 \cdot 2} = \mathbf{19,56 \text{ N}}$$

### Průběh ohybového momentu

$$M_o = F_{r1} \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L}{2} - q \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L^2}{8} \quad (4.56)$$

kde:  $M_o$  je ohybový moment [N·m].

### Výpočet maximálního ohybového momentu

$$M_{oMAX} = F_{r1} \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L}{2} - q \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L^2}{8} \quad (4.57)$$

$$M_{oMAX} = 24,08 \cdot \cos 25^\circ \cdot \frac{1}{2} - 48,16 \cdot \cos 25^\circ \cdot \frac{1^2}{8} = 5,46 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:  $M_{oMAX}$  je Maximální ohybový moment [N·m].

### Výpočet hřídele šneku na zkrut

$$W_k = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{D_t^4 - d_t^4}{D_t} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{0,025^4 - 0,015^4}{0,025} = 2,67 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (4.58)$$

kde:  $W_k$  je modul průřezu v krutu [m<sup>3</sup>];  $D_t$  - vnější průměr trubky [m];  
 $d_t$  - vnitřní průměr trubky [m].

$$\tau_k = \frac{M_z}{W_k} = \frac{142}{2,67 \cdot 10^{-6}} = 5317641 \text{ Pa} \quad (4.59)$$

kde:  $\tau_k$  je napětí v krutu [Pa].

### Výpočet hřídele šneku na ohyb

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_t^4 - d_t^4}{D_t} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{0,025^4 - 0,015^4}{0,025} = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (4.60)$$

kde:  $W_o$  je modul průřezu v ohybu [m<sup>3</sup>].

$$\sigma_o = \frac{M_{oMAX}}{W_o} = \frac{5,46}{1,33 \cdot 10^{-6}} = 4105263 \text{ Pa} \quad (4.61)$$

kde:  $\sigma_o$  je napětí v ohybu [Pa].

## Výpočet redukovaného napětí dle hypotézy HMH

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_k^2} = \sqrt{4105263^2 + 3 \cdot 5317641^2} = 10083892 \text{ Pa} \quad (4.62)$$

$$\sigma_{red} = \mathbf{10,83 \text{ MPa}}$$

kde:  $\sigma_{red}$  je redukované napětí [Pa].

## Kontrola bezpečnosti

Mez kluzu  $R_e$  pro ocel S235 JR = 235 MPa: [13]

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{235}{10,83} = \mathbf{21,69} \quad (4.63)$$

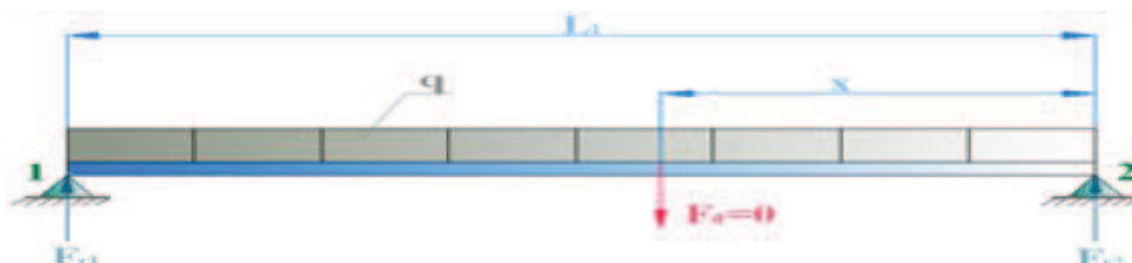
kde:  $k_s$  je statická bezpečnost [-].

Bezpečnost šnekové hřídele je dostatečná a trubka polotovaru průměru 25x5 EN 10219 vyhověla.

## 4.9 Výpočet průhybu šneku při působení vlastní tíhy

### 4.9.1 Analytický výpočet

U šneku dochází vlivem jeho vlastní tíhy k průhybu, což je důležité brát v úvahu při volbě žlabu. Maximální průhyb šneku je určen pomocí Castiglianovy věty. Protože v místě maximálního průhybu nepůsobí žádná síla, musel jsem v tomto místě zavést doplňkovou sílu  $F_d = 0 \text{ N}$ . Díky symetrii prutu stačilo řešit jenom jeho polovinu.



Obr. 4.11 - Výpočtové schéma šneku zahrnující doplňkovou sílu

### Průběh ohybového momentu zahrnující doplňkovou sílu

Z obr 4.11 si vyjádříme ohybové momenty k bodu 2.

$$M_{o(x)} = F_{r1} \cdot x - \frac{q \cdot x}{2} \cdot x \quad (4.64)$$

$$M_{o(x)} = \frac{q \cdot l_v}{2} \cdot x + \frac{F_d}{2} \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2} \quad (4.65)$$

kde:  $M_{o(x)}$  je průběh ohybového momentu [N·m].

### Derivace průběhu ohybového momentu zahrnující doplňkovou sílu

Vypočteme parciální derivaci z rovnici 4.65. Derivujeme podle síly  $F_d$ .

$$\frac{\partial M_{o(x)}}{\partial F_d} = \frac{\frac{q \cdot l_v}{2} \cdot x + \frac{F_d}{2} \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2}}{\partial F_d} \quad (4.66)$$

$$\frac{\partial M_{o(x)}}{\partial F_d} = \frac{x}{2}$$

### Kvadratický moment průřezu

Vypočetl jsem kvadratický moment průřezu trubky šnekové hřídele viz obr. 4.9:

$$J_k = \frac{\pi}{64} \cdot (D_t^4 - d_t^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (0,025^4 - 0,015^4) = 1,66 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \quad (4.67)$$

kde:  $J_k$  je kvadratický moment průřezu [m<sup>4</sup>].

### Maximální průhyb šneku vyvolaný vlastní tíhou

Dosadil jsem do Castliglianovy věty a vypočetl průhyb šneku viz rovnice 4.68. Meze integrálu volíme od 0 do  $l_v/2$ :

$$w = 2 \cdot \int_0^{\frac{l_v}{2}} \frac{M_{o(x)}}{E \cdot J_k} \cdot \frac{\partial M_{o(x)}}{\partial F_d} dx \quad (4.68)$$

kde:  $w$  je průhyb šneku vyvolaný vlastní tíhou [m].

$$w = \frac{2}{E \cdot J_k} \cdot \int_0^{\frac{l_v}{2}} \left( \frac{q \cdot l_v}{2} \cdot x + \frac{F_d}{2} \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2} \right) \cdot \frac{x}{2} dx \quad (4.69)$$

$$w = \frac{2 \cdot q}{4 \cdot E \cdot J_k} \cdot \int_0^{\frac{l_v}{2}} \left( \frac{l_v}{2} \cdot x - \frac{x^2}{2} \right) \cdot \frac{x}{2} dx \quad (4.70)$$

$$w = \frac{q}{2 \cdot E \cdot J_k} \cdot \int_0^{\frac{l_v}{2}} (l_v \cdot x^2 - x^3) dx \quad (4.71)$$

$$w = \frac{q}{2 \cdot E \cdot J_k} \cdot \left[ l_v \cdot \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} \right]_0^{\frac{l_v}{2}} \quad (4.72)$$

$$w = \frac{q}{2 \cdot E \cdot J_k} \cdot \left( l_v \cdot \frac{\left(\frac{l_v}{2}\right)^3}{3} - \frac{\left(\frac{l_v}{2}\right)^4}{4} \right) \quad (4.73)$$

Po vyjádření a zjednodušení rovnice 4.72 jsme dostali tvar rovnice 4.73, do které jsme dosadili hodnoty:

$$w = \frac{5 \cdot q \cdot l_v^4}{384 \cdot E \cdot J_k} \quad (4.74)$$

$$w = \frac{5 \cdot 48,16 \cdot 1^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,66 \cdot 10^{-8}} = \mathbf{0,000022 \, m \Rightarrow 0,022 \, mm}$$

kde: **E** je modul pružnosti v tahu pro ocel [Pa].

Průhyb šnekové hřídele je 0,018 mm na jednom dílu. Šneková hřídel má průměr 84 mm a jako žlab volím trubku 102x4x1000 EN 10219. Vůle mezi šnekem a žlabem je 5 mm.

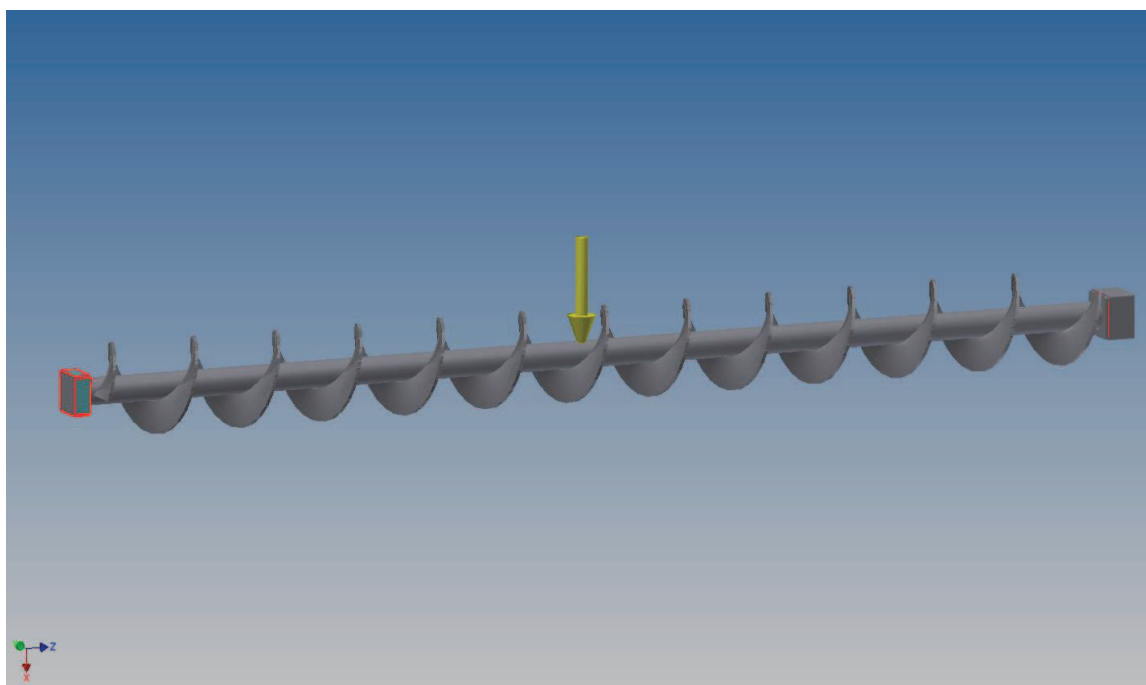


#### 4.9.2 Výpočet pomocí MKP

Výpočet šneku byl realizován pomocí programu Inventor Professional 2015. Model je zjednodušený, z důvodu dobré tvorby sítě. Ve výpočtu byl zahrnut vliv gravitace. Výpočet za pomoci MKP slouží pro ověření analytického výpočtu z bodu 4.9.1.

#### Okrajové podmínky

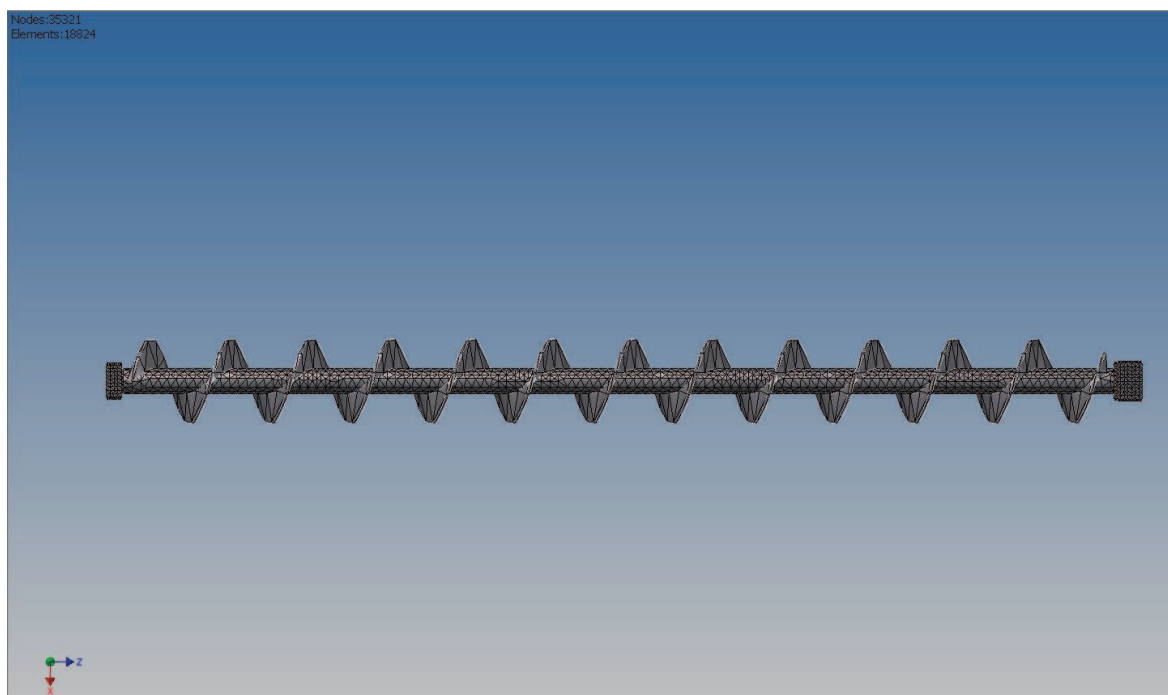
Na obr. 4.12 jsem zvolil zátěžovou sílu (gravitační), která zatěžuje šnekovou hřídel. Okrajové podmínky (vetknutí šnekové hřídele na obou koncích). Vazby mezi jednotlivými komponenty byly nastaveny jako pevné spojení, aby se jednotlivé komponenty nemohly po sobě pohybovat (klouzat).



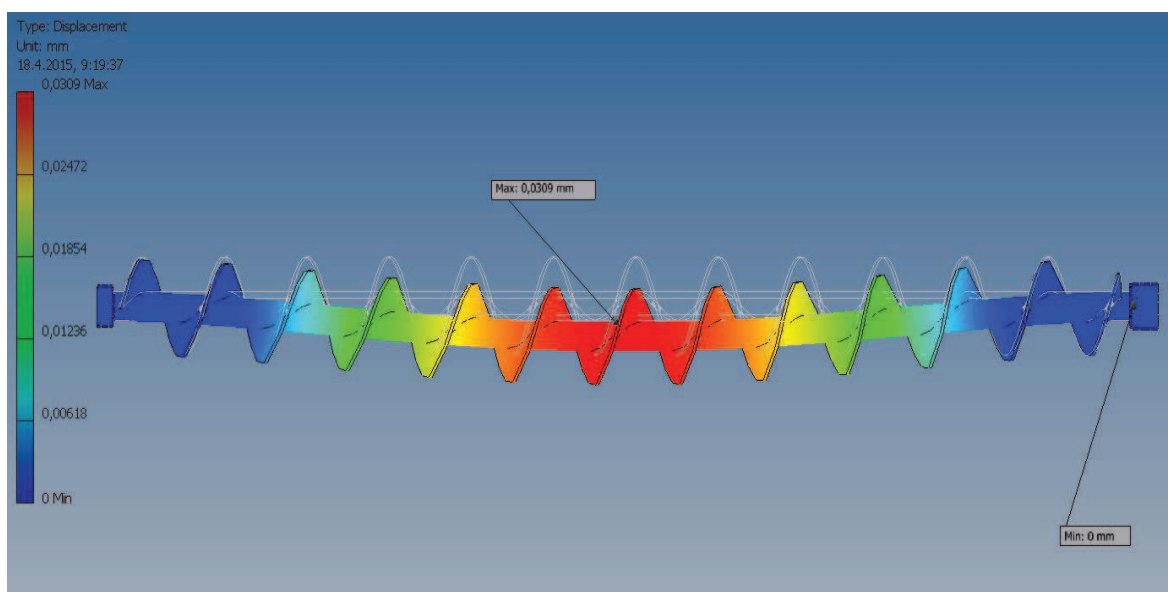
Obr. 4.12 - Geometrie a okrajové podmínky při zatížení šneku vlastní tíhou

#### Síťování

Síťování neboli meshing volím velikost elementů velikosti 0,1 a v místě, kde čekáme největší průhyb, volím velikost bodů 0,05. Vypočtený počet elementů je 18824. Síť je zobrazena na obrázku 4.13.



**Obr. 4.13 -Meshing (zasít'ování) šneku při zatížení vlastní tíhou**

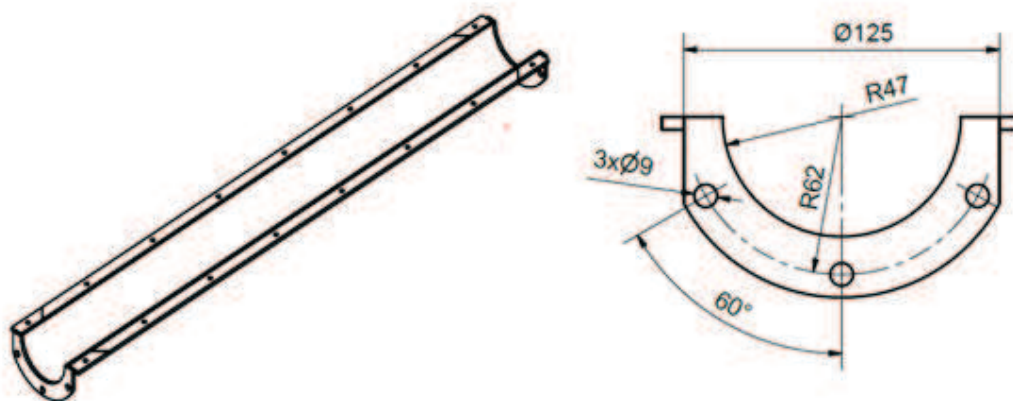


**Obr. 4.14 - Průhyb šneku při zatížení vlastní tíhou**

Výsledná hodnota průhybu šnekové hřídele při zatížení gravitační silou pomocí MKP analýzy je 0,0309 mm. Hodnota oproti analytickému řešení se liší minimálně a to 0,022 mm a 0,0309 mm. Hodnoty jsou v toleranci a potvrzují výsledek z analytické metody. Metoda konečných prvků se může lišit na základě nepřesných okrajových podmínek.

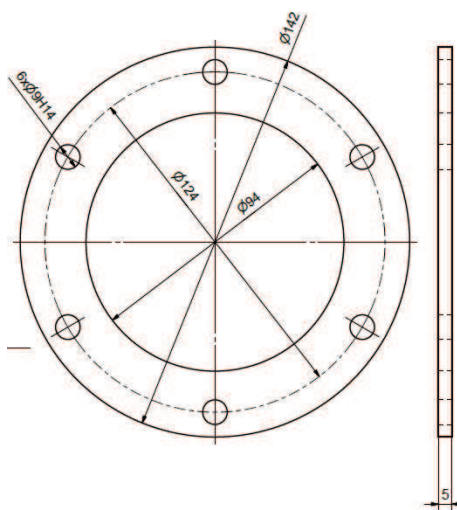
#### 4.10 Technický popis

Hlavní nosnou konstrukcí segmentového šnekového dopravníku tvoří trubkové svařence, viz obr. 4.15, fotografie svařence viz příloha 2. Tyto svařence jsou opatřeny nátěrem v tloušťce 200 $\mu$ m. Trubky jsou rozpůleny a následně k sobě sešroubovány za pomoci bočních žeber, ve kterých jsou vyvrtány otvory pro šrouby a to vše z důvodu lepší montáže a demontáže šnekové hřídele např. při zaseknutí uhlí nebo jiných nečistot. Dalším důvodem dělení žlabu je montáž ve stísněných prostorech. Žlab je tvořen tlustostěnnou trubicí s oceli 11 373, 102x4x1000 EN 10219.



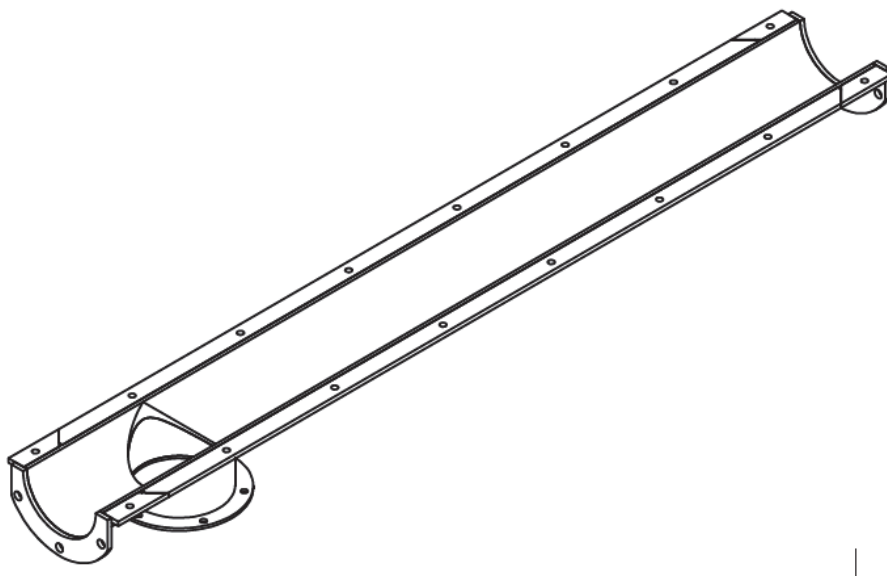
Obr. 4.15 – Svařenec žlabu

Na čele svařence je přivařena poloviční příruba šnekového dopravníku. Dva kompletní svařence jsou k sobě přišroubovány, za pomoci příruby kruhového průřezu viz obr. 4.16.



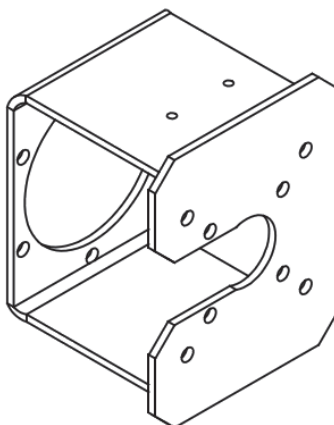
Obr. 4.16 – Spojovací příruba svařovaných žlabů

Koncový žlab viz obr. 4.17, je opatřen otvorem pro výpust. Tento otvor je do trubkového žlabu vypálen pomocí laseru. Výpustní otvor má průměr 102 mm. Z tohoto otvoru vypadává uhlí přímo do násypky kotle.



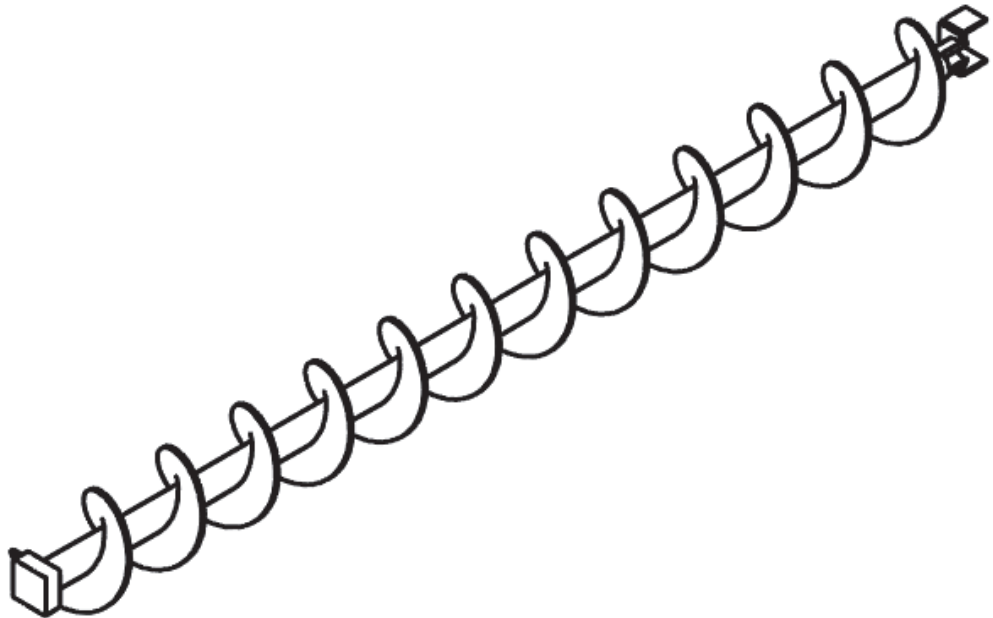
**Obr. 4.17 – Svařenec žlabu s výpustním otvorem**

Výpustní žlab je zakončen konzolou pohonu viz obr 4.17., kde je přišroubován pohon pevnostními šrouby, který lze vidět na obr. 4.2. Jsou použity šrouby s pevností 8.8. V konzole pohonu je umístěn ložiskový domek, ve kterém je těsnicí kroužek s ložiskem 6005 ZR viz obr. 4.5. Konzola je svařovaná ze dvou plechů vypálených na laseru. Je třeba dodržet přesné ohyby z důvodu rozteče děr, jinak by mohlo docházet k nesouososti.

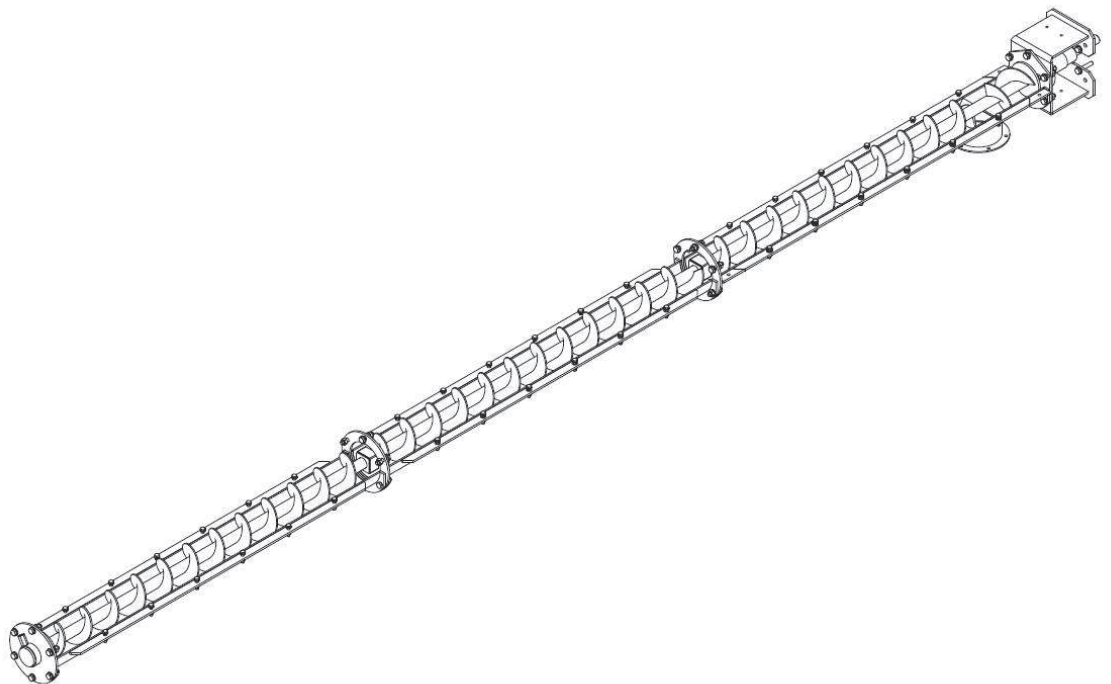


**Obr. 4.18 - Konzola pohonu dopravníku**

Šneková hřídel je složena z nosné trubky o průměru 25x5, na té je navařena šnekovnice o tloušťce 6 mm a v průměru 84mm. Šneková hřídel je zakončena spojkami. Na jedné straně jáckelem a na druhé protikusem, který zapadá do druhé šnekovnice viz obr. 4.19 nebo strany spojek viz příloha 3 a 4.

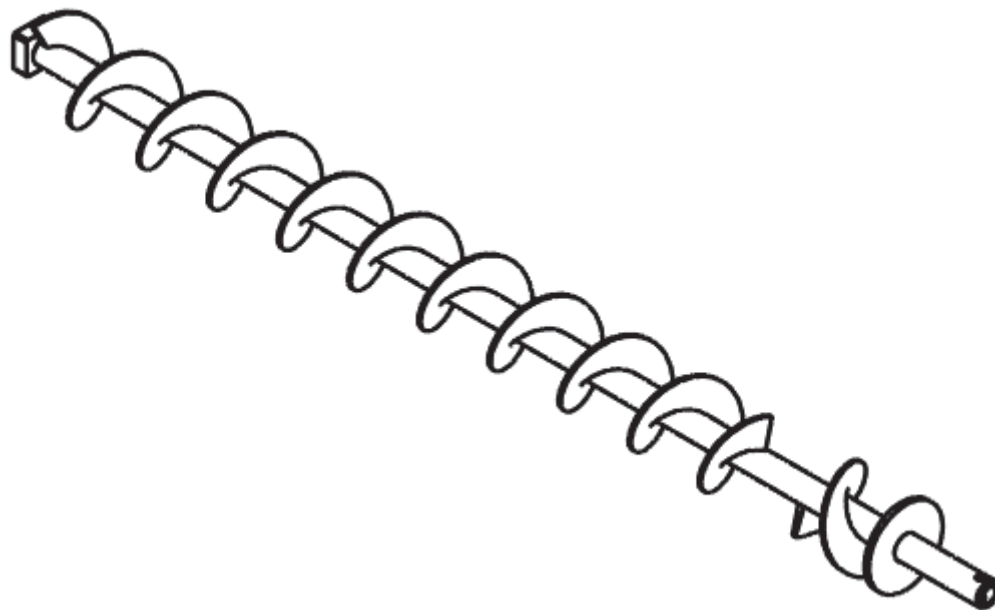


**Obr. 4.19 - Šneková hřídel**



**Obr. 4.20 - Sestava žlabů s šnekovnicí**

Šnekovnice do sebe zapadají, za pomoci spojek navařených na koncích hřídelích viz obr. 4.19. Následné spojení můžeme vidět, viz obr. 4.20. Na tomto obrázku jsou svařované žlaby spojeny za pomoci spojovacích přírub. Na levé straně (spodní) je dopravník zakončen kluzným ložiskem s teflonovým pouzdem, do, kterého je přiváděno mazadlo přes matici zajištěnou šroubem. Koncová šnekovnice je opatřena protizávitem viz obr. 4.21 z důvodu lepšího vyprazdňování uhlí do násypky kotle.

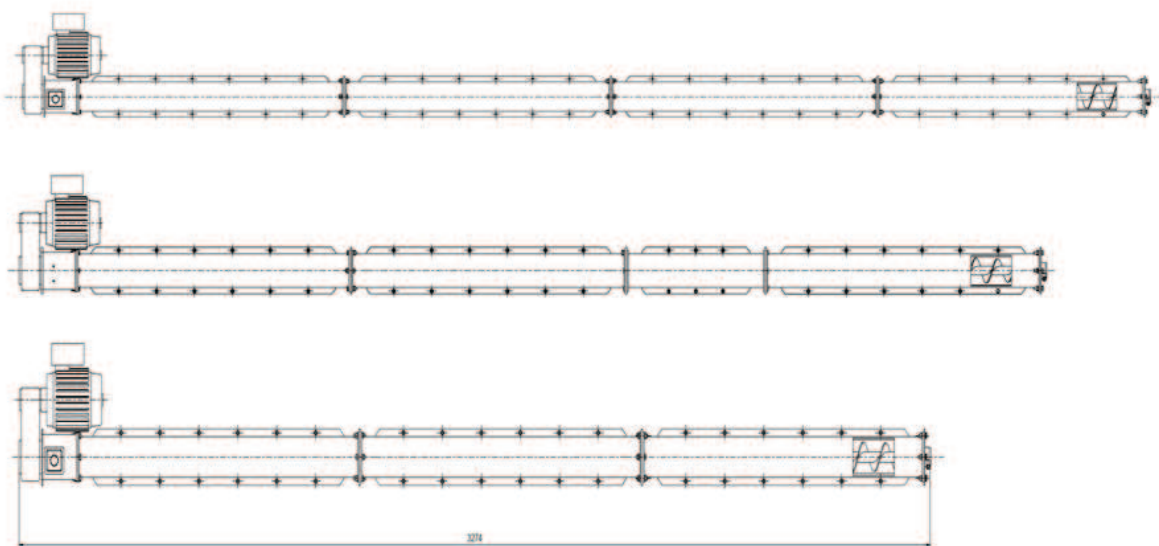


**Obr. 4.21 - Koncová šnekovnice s protizávitem**

Na konci hřídele je vyvrtána díra o průměru 8 mm, kam se vloží pružný rýhovaný kolík, který byl vypočten v bodě 4.7.2. Tento kolík spojuje šnekovou hřídel a motor přes spojku motoru,, která byla navržena viz obr. 4.8.

#### 4.10.1 Popis variant dopravníku

Šnekový dopravník je možno sestavit v několika variantách. Největší variantu, pro, kterou byl tento dopravník navržen, je délka 4m. Nejmenší dopravník může být složen v délce 2m. Navržen je i žlab o délce 0,5 m, takže je možné mít dopravník v délkách 2 m, 2,5m, 3m, 3,5m a 4m. Doprava uhlí je doporučena maximálně pod úhlem 25°. Na obrázku 4.22 je možno vidět segmentové dopravníky v délkách 3; 3,5 a 4 metry.

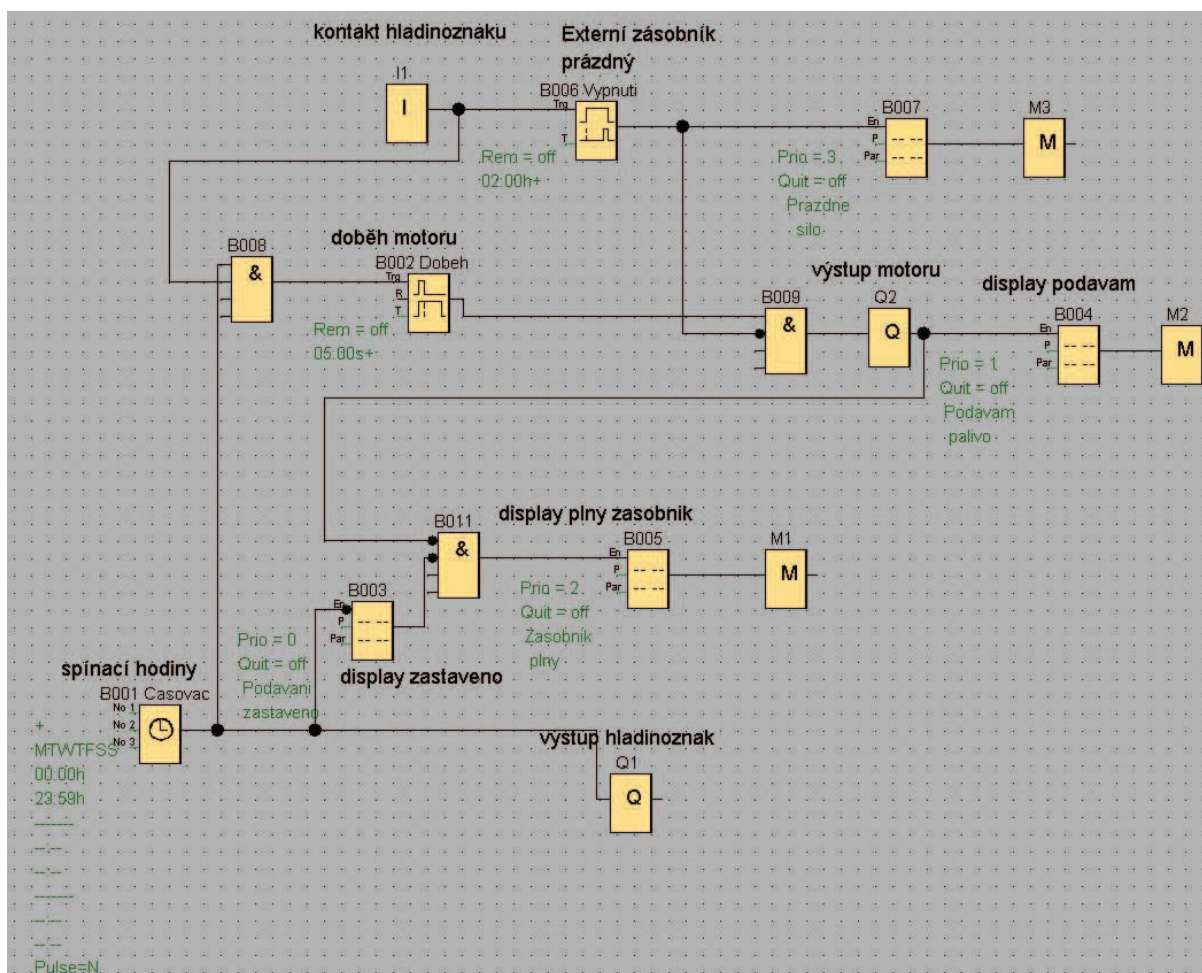


Obr. 4.22 - Velikostní varianty dopravníku



## 4.11 Softwarové řízení dopravníku

Princip fungování šnekového dopravníku paliva (SDP) spočívá v tom, že zaznamená-li hladinoznak úbytek paliva v zásobníku kotle, regulátor SDP uvede do provozu motor, na jehož hřídeli je upevněná hřídel dopravníku. Potrubím je palivo dopravováno do zásobníku, který je součástí kotle BENEKOV. Pokud se přestane vrtulka hladinoznaku otáčet v důsledku zasypaní palivem pak po uplynutí doby doběhu (doba po jakou bude motor stále v chodu po zastavení hladinoznaku – nastaví si uživatel) se motor SDP vypne. Při poklesu hladiny paliva v zásobníku kotle pod úroveň hladinoznaku se vrtulka hladinoznaku opět začne otáčet a spustí se motor SDP. Tento cyklus se neustále opakuje, viz schéma obr. 4.23.



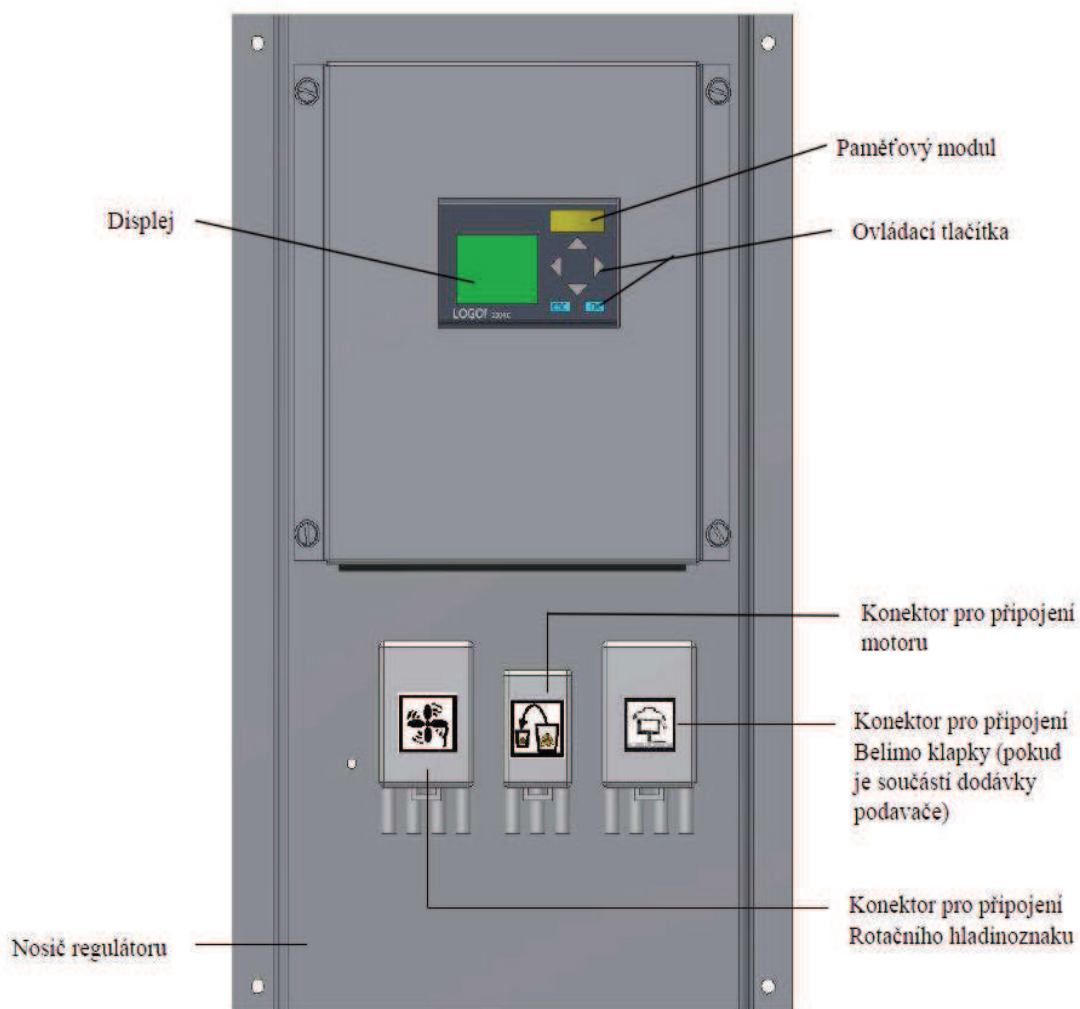
Obr. 4.23 - Schéma software řízení SDP



#### 4.11.1 Popis regulátoru SDP

**Regulátor SDP** zajišťuje řízení šnekového dopravníku paliva. Mezi jeho základní funkce patří:

- nastavení **reálného času**
- nastavení **doběhu motoru**



Obr. 4.24 - Čelní panel regulátoru SDP

Nastavení času a doběhu probíhá přímo na displeji LOGA za pomoci ovládacích tlačítek.

#### *4.11.2 Popis programu regulátoru SDP*

Vlastní program pro řízení SDP je uložen v paměťovém modulu. Program je tvořen pomocí blokového schéma s použitím příslušných logických prvků (hradel těchto funkcí AND, OR, atd.) a uživatel nesmí jakkoliv zasahovat do struktury programu. Z toho důvodu je program chráněn heslem. V programu, který je uložen v modulu, jsou obsaženy parametry důležité pro chod SDP.

Nejdůležitější parametry jsou:

- dny, ve kterých bude SDP pracovat (**lze měnit uživatelem**)
- časový úsek, ve kterém bude SDP pracovat (**lze měnit uživatelem**)
- dobu chodu (podávání) motoru (**lze měnit uživatelem**)
- doběh SDP (**lze měnit uživatelem**)
- stavová hlášení (**nelze měnit uživatelem**)

Postup při změně povolených parametrů je popsán v kapitole 4.11.3. Řízení SDP probíhá v přednastavených dnech (Po až Ne) v časovém úseku (od 0:00 do 23:59). Dále je přednastaven doběh (5 min.).

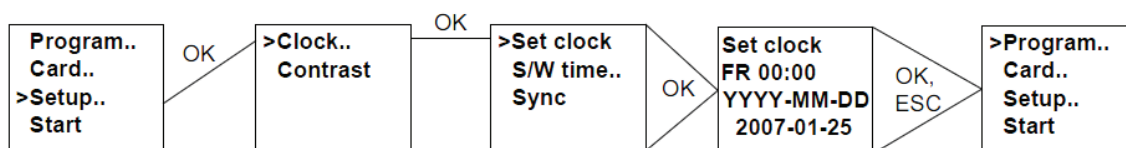
#### *4.11.3 Obsluha šnekového dopravníku paliva uživatelem*

Po připojení ovládacího panelu SDP k elektrické síti se automaticky načte program a na LCD displeji se objeví základní menu. Po prvním připojení ovládacího panelu SDP k elektrické síti je nutno zkontrolovat a případně nastavit aktuální čas. Poté je možno spustit program a případně nastavit základní parametry ovládání šnekového dopravníku paliva.

##### **Nastavení reálného času**

Pomocí kurzorových kláves najedete v hlavním menu na nabídku „Setup.“, potvrdíte tlačítkem „OK“. V následující nabídce najedete kurzorem na „Clock.“ a potvrdíte „OK“, poté zvolíte „Set clock“ a opět potvrdíte „OK“. Zobrazily se vám parametry času, které lze měnit pomocí kurzorových kláves a klávesy „OK“. Nastavte zkratku názvu dne, hodiny:minuty, rok-měsíc-den. Potvrďte tlačítkem „OK“ a klávesou „ESC“ se vraťte zpět do hlavního menu.

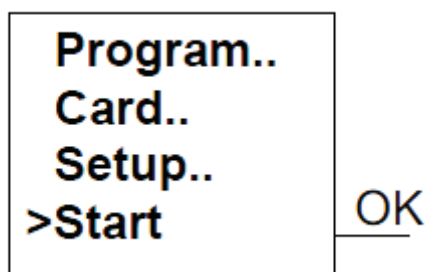
Grafické znázornění nastavení reálného času je na obr. 4.25:



Obr. 4.25 - Grafické znázornění nastavení reálného času

### Spuštění programu SDP

SDP spustíte tak, že v hlavním menu najedete na nabídku „Start“ a potvrdíte tlačítkem „OK“. Program znázorněno na se spustí a začne probíhat dle přednastavených parametrů. Po spuštění programu se na displeji zobrazí den, čas a datum na určitou dobu a poté displej přejde do úsporného režimu a vypne se. Parametry si uživatel nastaví podle toho, jakou má násypku na kotli. Nastavení SDP je popsáno viz obr 4.23. Spuštění programu SDP je graficky obr. 4.26.



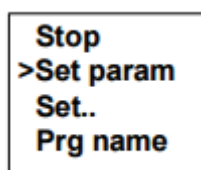
Obr. 4.26 - Grafické znázornění spuštění programu

### Nastavení parametrů ovládání SDP

Hodnoty základních parametrů ovládání SDP si uživatel nastaví dle vlastních požadavků. Parametry jsou přednastaveny na určitou hodnotu dle základního blokového schématu viz obr. 4.23. **Parametry lze měnit pouze při spuštěném programu.** Postup změny parametrů je následovný.

Po spuštění programu SDP viz obr. 4.26, stiskneme šipku dolů a na displeji se zobrazí datum a hodiny, poté zmáčknete tlačítko „ESC“ a dostanete se do další nabídky, kde zvolíte „Set param“ viz obr 4.27 a potvrdíte klávesou „OK“. Nyní jste se dostali do

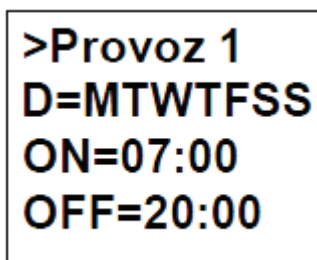
Nabídky, kde je možno nastavovat jednotlivé parametry pro ovládání SDP. Pomocí kurzorových kláves můžete listovat mezi jednotlivými parametry. Pro editaci jednotlivých parametrů použijte klávesu „Ok“, kurzorovými klávesami se pohybujte po jednotlivých údajích a změňte jejich hodnotu na vámi požadovanou.



Obr. 4.27 - Nastavení programu

Popis jednotlivých parametrů, které lze měnit:

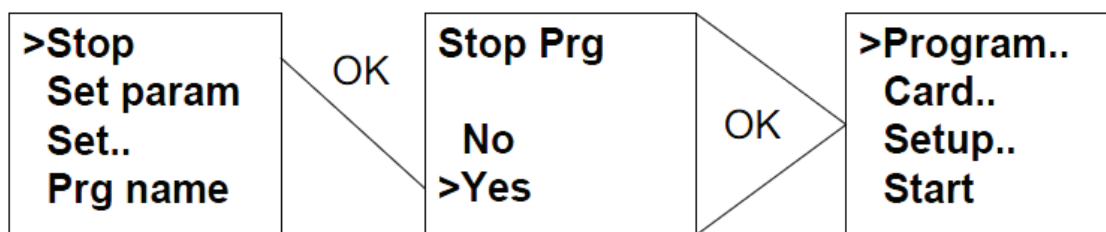
Název parametru: Písmena za rovnítkem určují dny, ve kterých bude SDP v chodu (M-pondělí, T-úterý..) Časy za ON a OFF udávají časový interval od kdy, do kdy bude SDP v chodu viz (obr. 4.28)



Obr. 4.28 - Nastavení provozu

### **Ukončení programu SDP**

Program SDP ukončíte tak, že zmáčknete tlačítko „ESC“ a dostanete se do nabídky, kde zvolíte „Stop“ potvrdíte pomocí tlačítka „OK“ poté pomocí kurzorových kláves najedete na „Yes“ a pak potvrdíte tlačítkem „OK“ a dostanete se opět do hlavního menu. Ukončení programu SDP je graficky znázorněno na obr. 4.29.



Obr. 4.29 - Ukončení programu SDP

#### 4.11.4 Upozornění šnekového dopravníku paliva

- Při provozu šnekového dopravníku paliva musí být víko zásobníku řádně uzavřeno. Nutno dbát na to, aby nedošlo k poškození transportní trubky, ve které je umístěna šneková hřídel dopravníku.
- Je zakázáno zasahovat do konstrukce a elektrické instalace šnekového dopravníku paliva.

## 5 Závěr

V mé diplomové práci jsem navrhl řešení segmentového šnekového dopravníku pro dopravu uhlí do automatického kotle BENEKOV. Zadání mi poskytla firma BENEKOVterm s.r.o. Dopravník je univerzální a slouží pro plnění z externího sila mimo prostoru kotle dle normy ČSN 06 1008:1997.

V první části diplomové práce byla zpracována rešerše na problematiku zásobování kotlen malých výkonů. Byla zmíněna doprava dřevní štěpky, pelet pneumaticky a také za pomoci šnekového dopravníku. V dalším bodě byly rozebrány uzly šnekového dopravníku, různé druhy šnekovnic, žlabů a konstrukcí.

V praktické části diplomové práce jsem navrhl základní průměr šnekové hřídele, a to dle zadaných podmínek z firmy BENEKOV. Použita byla šnekovnice dle požadavku firmy na základě jejich skladových zásob. Probral jsem několik verzí konstrukčního řešení dané problematiky žlabů šnekového dopravníku a nakonec padla volba na půlený žlab z trubky z důvodu lepší kontroly a manipulace. Dopravník je navržen tak, že je možno segmenty skládat a zhotovit dopravník v několika různých délkách. Zvolil jsem pohon od firmy LENZE s čelní převodovkou, který byl navržen pro šnekový dopravník paliva.

Poté jsem provedl kontrolu dílčích součástí dopravníku, a to pera těsného na hřídeli pohonu, pružného kolíku a výpočet šnekové hřídele na průhyb. Průhyb šnekové hřídele byl spočten analyticky ale pro kontrolu i pomocí metody konečných prvků. Všechny navržené součásti vyhověly zadaným podmínkám.

Dále jsem provedl softwarové řízení pomocí jednotky Siemens LOGO, které za pomoci snímače hladiny paliva v zásobníku kotle zapíná a vypíná šnekový dopravník a doplňuje tak palivo. Navrhl jsem hradlové schéma, které tento celý proces řídí v předem nastavených hodinách.

V poslední části byla zhotovena kompletní výkresová dokumentace šnekového dopravníku s číslováním výkresů podnikové normy BENEKOVterm s.r.o.

## Použitá literatura

- [1] ČERNOCH, S. *Strojně technická příručka I.díl.* 13. vyd. Praha:SNL,1977,1294 s.
- [2] ČERNOCH, S. *Strojně technická příručka II.díl.* 13. vyd. Praha:SNL,1977,2568s.
- [3] DRAŽAN, František a Karel JERÁBEK. *Manipulace s materiálem.* Praha: SNL, 1979, 456 s.
- [4] KALÁB, Květoslav. Části a mechanismy strojů pro bakaláře. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [5] Leinveber J.,Vávra P., Strojnické tabulky, 2003, ISBN 80-86490-74-2
- [6] Polák J., Pavliska J., Slíva A. Dopravní a manipulační zařízení I, 2001, skripta VŠB-TU Ostrava, ISBN 80-248-0043-8
- [7] Polák J., Bailotti K., Hrabovský L., Pavliska J., Dopravní a manipulační zařízení II, 2003, skripta VŠB-TU Ostrava, ISBN 80-248-0493-X

## Internetové zdroje

- [8] Biom. [online]. 2010. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-pelety-peletovy-kotel-pro-ustredni-vytapeni>
- [9] Canagro. [online]. 2013. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: [http://www.canagro.cz/fotky dopravniky](http://www.canagro.cz/fotky-dopravniky)
- [10] Elektromotor - simon. [online]. 2011. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: [http://www.elektromotor-simon.com/proizvodi/transportni\\_sistemi/puzni/](http://www.elektromotor-simon.com/proizvodi/transportni_sistemi/puzni/)
- [11] HUTNÍ MATERIÁL. *Hutní materiál* [online]. 2014. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: <http://www.steelcalc.com/cs/materchar.aspx>
- [12] Ložiska-SKF [online]. 2014. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: <http://www.loziska-iskalcuk.cz/meg.pdf>

- [13] PEVNOSTNÍ HODNOTY. [online]. 2014. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: [http://www.spssol.cz/~vyuka/predmety/spoj\\_hridele\\_s\\_nabojem.pdf](http://www.spssol.cz/~vyuka/predmety/spoj_hridele_s_nabojem.pdf)
- [14] Pohony LENZE. [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: <http://www.lenze.com/sk-sk/vyrobky/prevodovky/axialni-prevodovky/ploche-prevodovky-g500-s/>
- [15] Rioni - kotle na biomasu. [online]. 2014. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: [http://www.rioni.cz/kotel\\_stepka\\_turbomatic.htm](http://www.rioni.cz/kotel_stepka_turbomatic.htm)
- [16] VÝPOČET PRUŽNÉHO KOLÍKU. *Výpočet pružného kolíku* [online]. 2014. vyd. [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: [http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/\\_sablon/07-04.pdf](http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablon/07-04.pdf)

## Vlastní práce

- [17] KUBEŠA, K., FRIES, J. Segmentový šnekový dopravník pro dopravu uhlí. 2014.
- [18] KUBEŠA, K., FRIES, J. Software řídicí jednotky šnekového dopravníku. 2014



## Seznam obrázků

Obr. 2.1 - Sypné úhly uhelny [9] .....	14
Obr. 2.2 - Vyústění šnekového dopravníku [9] .....	15
Obr. 2.3 - Sypné úhly skladovacích prostor [8] .....	16
Obr. 2.4 - Pneumatický systém dopravy pelet [15] .....	17
Obr. 2.5 - Doprava pelet šnekovým dopravníkem (plná šnekovnice) [15].....	18
Obr. 2.6 - Rozhrabávač na dřevní štepku [8] .....	20
Obr. 2.7 - Schéma dopravy dřevní štepky [15] .....	20
Obr. 3.1 - Šnekový dopravník [7] .....	21
Obr. 3.2 - Druhy šnekovnic [6] .....	22
Obr. 3.3 - Excentricita uložení šnekovnice [6] .....	23
Obr. 3.4 - Pohon dopravníku [14] .....	23
Obr. 3.5 - Žlabový šnekový dopravník [10] .....	24
Obr. 3.6 - Trubkový šnekový dopravník [10] .....	25
Obr. 4.1 - Navržená šnekovnice .....	28
Obr. 4.2 - Uchycení pohonu .....	31
Obr. 4.3 - Rozložení sil .....	34
Obr. 4.4 - Rozměry ložiska .....	35
Obr. 4.5 - Uložení ložiska .....	36
Obr. 4.6 - Výpočtové schéma těsného pera .....	39
Obr. 4.7 - Výpočtové schéma pružného kolíku .....	40
Obr. 4.8 - Spojka hřídele .....	42
Obr. 4.9 - Rozměry trubky .....	43
Obr. 4.10 - Schéma šnekové hřídele pro výpočet .....	44
Obr. 4.11 - Výpočtové schéma šneku zahrnující doplňkovou sílu .....	46
Obr. 4.12 - Geometrie a okrajové podmínky při zatížení šneku vlastní tíhou .....	49

Obr. 4.13 - Meshing (zasítování) šneku při zatížení vlastní tíhou .....	50
Obr. 4.14 - Průhyb šneku při zatížení vlastní tíhou .....	50
Obr. 4.15 - Svařenec žlabu.....	51
Obr. 4.16 - Spojovací příruba svařovaných žlabů .....	51
Obr. 4.17 - Svařenec žlabu s výpustním otvorem .....	52
Obr. 4.18 - Konzola pohonu dopravníku .....	52
Obr. 4.19 - Šneková hřídel.....	53
Obr. 4.20 - Sestava žlabů a šnekovnic .....	53
Obr. 4.21 - Koncová šnekovnice s protizávitem.....	54
Obr. 4.22 - Velikostní varianty dopravníku .....	55
Obr. 4.23 - Schéma software řízení SDP .....	56
Obr. 4.24 - Čelní panel regulátoru SDP .....	57
Obr. 4.25 - Grafické znázornění nastavení reálného času .....	59
Obr. 4.26 - Grafické znázornění spuštění programu.....	59
Obr. 4.27 - Nastavení programu .....	60
Obr. 4.28 - Nastavení provozu.....	60
Obr. 4.29 - Ukončení programu SDP .....	61

## Seznam tabulek

Tab. č.1 - Základních hodnot pro výpočet průměru šnekovnice .....	27
Tab. č.2 - Graf součinitele $C_H$ .....	27
Tab. č.3 - Hodnoty celkového součinitele odporu $w_1$ [7] .....	29
Tab. č.4 - Parametry pohonu [14] .....	30
Tab. č.5 - Rozměry ložiska [12] .....	35

## Seznam výkresů

Název	Číslo výkresu	Formát	Typ
Velký kroužek šnekové hřídele	1106203002	A4	Výrobní
Pouzdro ložiska podávání	1118299801	A3	Výrobní
Stěna pouzdra ložiska hořáku	1118309702	A4	Výrobní
Hřídel pohonu	1311247401	A3	Výrobní
Svařenec trubkového žlabu	3102460100	A3	Sestavní
Trubková část žlabu	3102460101	A3	Výrobní
Boční žebro trubkového žlabu	3102460102	A3	Výrobní
Příruba trubkové části žlabu	3102460103	A4	Výrobní
Boční žebro krátké	3102460104	A4	Výrobní
Svařenec trubkového žlabu s dírou	3102460200	A3	Sestavní
Trubková část žlabu s otvorem	3102460201	A3	Výrobní
Spojovací příruba svařovaných žlabů	3102460202	A4	Výrobní
Výpustní trubka svařovaných žlabů	3102460203	A3	Výrobní
Kruhová příruba výpustní trubky	3102460204	A4	Výrobní
Sestava nabírající šnekovnice předpodavače	3102460400	A3	Sestavní
Nosná trubka šnekovnice předpodavače	3102460401	A4	Výrobní
Šnekovnice předpodavače	3102460402	A3	Výrobní
Pouzdro ložiska šnekové hřídele předpodavače	3102460500	A3	Sestavní
Plech pouzdra ložiska	3102460501	A4	Výrobní
Svařenec čtvercové spojky	3102460600	A4	Sestavní
Spojka hřídele Jackel 40x40x2	3102460601	A4	Výrobní
Plech spojky hřídele šnekovnice	3102460602	A4	Výrobní
Sestava průběžné šnekovnice předpodavače	3102460700	A3	Sestavní
Nosná trubka průběžné šnekovnice	3102460701	A4	Výrobní
Prutikus spojky hřídele	3102460702	A4	Výrobní
Průběžná šnekovnice předpodavače	3102460703	A3	Výrobní
Sestava koncové hřídele předpodavače	3102460800	A3	Sestavní

Nosná trubka koncové šnekové hřídele	3102460801	A4	Výrobní
Koncová šnekovnice předpodavače	3102460802	A3	Výrobní
Protizávít koncové šnekové hřídele	3102460803	A4	Výrobní
Svařenec plnicího trubkového žlabu	3102460900	A3	Sestavní
Trubková část žlabu s plnicím otvorem	3102460901	A3	Výrobní
Sestava koncové příruby s ložiskovým domkem	3102461000	A3	Sestavní
Koncová příruba předpodavače paliva	3102461001	A4	Výrobní
Podpěrný mostek	3102461002	A3	Výrobní
Trubka na uložení těsnícího kroužku	3102461003	A4	Výrobní
Sestava konzoly pohonu předpodavače	3102461100	A3	Sestavní
Plech příruby motoru	3102461101	A3	Výrobní
Čelo konzoly pohonu předpodavače uhlí	3102461102	A4	Výrobní
Svařenec trubkového žlabu 0,5 m	3102461300	A4	Sestavní
Trubková část žlabu 0,5 m	3102461301	A3	Výrobní
Boční žebro trubkového žlabu 0,5 m	3102461302	A4	Výrobní
Sestava šnekovnice 0,5 m	3102461400	A4	Sestavní
Nosná trubka šnekové hřídele 0,5 m	3102461401	A4	Výrobní
Šnekovnice 0,5 m	3102461402	A3	Výrobní
Osazení šnekové hřídele dopravníku	4118441102	A4	Výrobní
Dno pouzdra ložiska dopravníku	4118441201	A4	Výrobní
Sestava žlabu předpodavače délky 4m	3102461200	A1	Finální

## Přílohy

Příloha 1 - Tabulka dovolených hodnot pro pružný kolík

Příloha 2 – Fotografie svařence žlabu

Příloha 3 – Spojovací část šnekovnice

Příloha 4 – Spojovací část šnekovnice

Příloha 5– Potvrzení funkčního vzorku

Příloha 6 – Potvrzení softwaru

## Příloha 1 - Tabulka dovolených hodnot pro pružný kolík

Materiál nábojů čepů, kolíků a hřídelů	Nepohyblivá uložení			Točná (kloubová) uložení		
	$p_D$ (MPa)			$p_D$ (MPa)		
	statické	míjivé	střídavé	statické	míjivé	střídavé
ocel tř. 37, 42, 50, automatové ocel 11 110, 11H, 14H	90	63	45	30	24	12
ocel tř. 60, 70, 22H, ušlechtilé a legované oceli	125	90	56	30	24	12
ocel na odlitky	80	56	40	18	14	7
šedá litina	70	50	32	12	10	5
Materiál kolíků, čepů a hřídelů	Nepohyblivá uložení			Točná (kloubová) uložení		
	$\sigma_{D0}$ (MPa)			$\tau_{D0}$ (MPa)		
	statické	míjivé	střídavé	statické	míjivé	střídavé
ocel tř. 37, 42, automatové oceli, 4 6, 11H	80	55	35	50	35	25
11 500, 5 6, 14H	110	80	50	70	50	35
11 600, 12 040, 12 050, 8 8, 22H	140	100	63	90	63	45
11 700, 10 9, 33H	160	110	70	100	70	50

**Pro rýhované kolíky platí hodnoty o 30% nižší.**

## **Příloha 2 – Fotografie svařence žlabu**





### **Příloha 3 – Spojovací část šnekovnice**



#### **Příloha 4 – Spojovací část šnekovnice**



## Příloha 5– Potvrzení funkčního vzorku

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
Komeracionalizace výsledků vědy a výzkumu

### P O T V R Z E N Í

ev.č.:097/21-11-2014\_F

**Potvrzení o převzetí „Evidenčního formuláře“ s názvem:**

„Segmentový šnekový dopravník pro dopravu uhlí“

**Původce(i):** Kamila Kubeš  
Jiří Fries


**Předané dokumenty:**

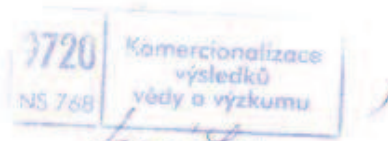
Evidenční formulář (celkem 3 listy), příloha č.1 – obrázky (celkem 2 listy),  
CD s Evidenčním formulářem a přílohou č. 1.

**Způsob předání:**

Pan doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D. předal Evidenční formulář“ spolu s CD osobně pracovníci KvVaV  
Haně Janáčkové dne 21. 11. 2014.

V Ostravě, dne 21. 11. 2014

  
.....  
původce

  
.....  
za KvVaV

## Příloha 6 – Potvrzení softwaru

### P O T V R Z E N Í

ev.č.:033/21-11-2014\_SW

Potvrzení o převzetí „Evidenčního formuláře“ s názvem:

*„Software řídící jednotky šnekového dopravníku„*

Původce(i): Kamil Kubeša  
Jiří Fries


#### Předané dokumenty:

Evidenční formulář (celkem 3 listy), příloha č. 1- blokové schéma (celkem 1 list), Smlouva o užití autorského díla (celkem 2 listy),  
CD s evidenčním formulářem, SW a smlouvou o užití autorského díla.

#### Způsob předání:

Pan doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D. předal „Evidenční formulář“ spolu s CD osobně pracovníci útvaru KvVaV Haně Janáčkové.

V Ostravě, dne 21. 11. 2014

  
.....  
původce

  
  
.....  
za KvVaV